

**Лабораторні роботи з курсу
«Астрономія та методика викладання»**

40 год. лаб., 6 семестр, екзамен (обов'язкова)

Лабораторна робота №1 Системи небесних координат

Лабораторна робота № 2 Основні елементи небесної сфери. Зоряне небо і сузір'я. Умови видимості світил на різних широтах

Лабораторна робота №3 Практичне визначення гостроти зору експериментатора при проведенні астрономічних спостережень

Лабораторна робота №4 Робота з рухомою картою зоряного неба

Лабораторна робота № 5. Малі зоряні атласи. Екваторіальні системи небесних координат

Лабораторна робота №6 Перетворення астрономічних координат.

Лабораторна робота № 7-8 Будова і основні характеристики телескопів

Лабораторна робота №9-10 Спостереження в телескопи та визначення їх характеристик

Лабораторна робота № 11. Видимий та річний рухи Сонця і його наслідки

Лабораторна робота № 12. Час та його вимірювання. Географічна довгота місця спостереження

Лабораторна робота № 13. Зоряний час

Лабораторна робота № 14. Схід і захід світил.

Лабораторна робота № 15. Рух тіл Сонячної системи.

Лабораторна робота № 16. Блиск і світність зір. Спектри і світність зір

Лабораторна робота № 17. Визначення Сонячної активності.

Лабораторна робота № 18. Фізична природа Місяця

Лабораторна робота № 19. Просторова карта сузір'я

Лабораторна робота №20 Вивчення галактик

Лабораторна робота №1

Системи небесних координат

Мета роботи: засвоїти знання про горизонтальну, першу і другу екваторіальні системи координат

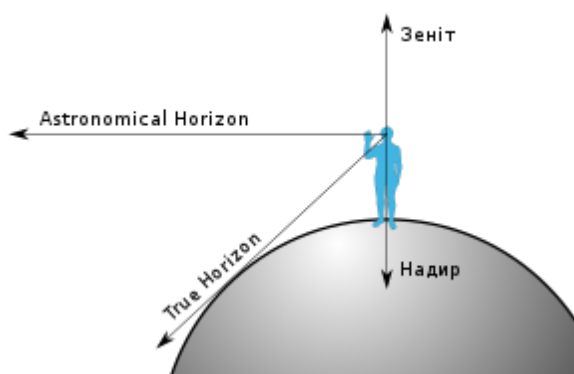
Обладнання: глобус-модель «Зоряне небо», вільне програмне забезпечення «Stellarium»

Теоретичні відомості

Зеніт— точка на небі, на яку ви дивитесь, якщо ваш погляд спрямовано «точно вгору» відносно поверхні (рис. 1). Точніше кажучи, це точка на небі з висотою рівною $+90$ градусів; ця точка є полюсом горизонтальної системи координат. З геометричної точки зору, це точка на небесній сфері на перетині прямої проведеної з центра Землі, через місце спостереження на поверхні Землі. За означенням, зеніт знаходиться на місцевому меридіані.

Надир — уявна точка перетину прямовисної лінії або нормалі до поверхні земного еліпсоїда з небесною сферою, точка небесної сфери, протилежна зеніту (рис.1). Іншими словами, надир лежить на напрямку прямо вниз від спостерігача, до центру Землі.

Рис. 1. Зеніт і надир відносно спостерігача



1. Горизонтальна система небесних координат. У цій системі координат використовують азимут A світила M і його висоту над горизонтом h (рис. 2), або зенітну відстань z . За початок відліку координат беруть площину горизонту SN та точку півдня S .

Азимут A світила M відлічують від точки півдня S уздовж горизонту в бік заходу до вертикала світила (велике коло, що проходить через світило, зеніт і надир). Висоту h світила M відлічують від площини горизонту вздовж вертикала до світила. Зенітну відстань z відлічують від зеніту.

Азимут A , висоту h і зенітну відстань z світила вимірюють у градусах: азимут від 0 до 360° , висоту — від 0 до $+90^\circ$ (над горизонтом до зеніту) і від 0 до -90° (під горизонтом до надиру), а зенітну відстань від 0 до $+180^\circ$.

Обидві координати світила в цій системі безперервно змінюється внаслідок обертання небесної сфери. Хоча їх вимірювати відносно просто, для багатьох завдань змінність координат є недоліком.

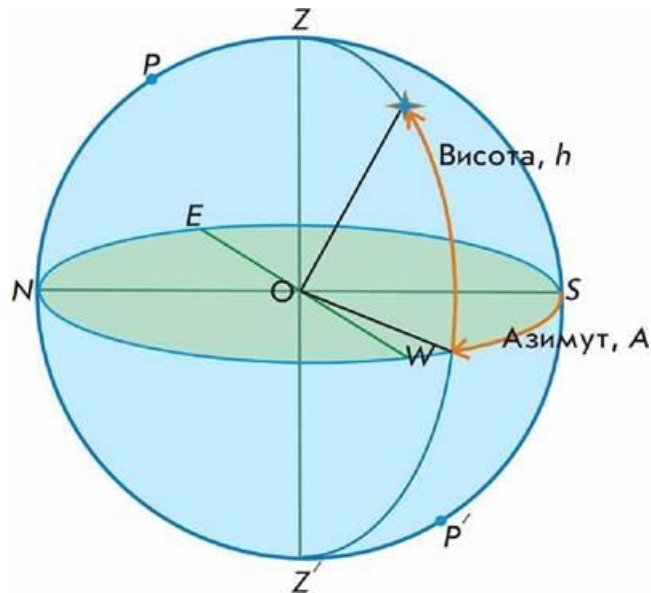


Рис. 2. Горизонтальна система координат

2. Перша екваторіальна система координат. За початок відліку в цій системі координат використовують площину екватора QQ' та найвищу точку небесного екватора Q (точку перетину небесного екватора з небесним меридіаном), а координатами є годинний кут t світила і його схилення δ (рис. 3).

Годинний кут t світила M вимірюють від точки Q уздовж небесного екватора в бік заходу до кола схилення світила (велике коло, що проходить через світило і полюси світу). Інакше кажучи, годинний кут світила t — це час, що минув від верхньої кульмінації світила. Цю особливість годинного кута світила t можна використовувати для вимірювання часу.

Схилення δ світила M відлічують від небесного екватора уздовж кола схилень до світила.

Годинний кут t світила вимірюють у годинах, хвилинах, секундах від 0^h (світило у верхній кульмінації) до 24^h (знову у верхній кульмінації). Якщо годинний кут світила $t = 12^h$, то світило перебуває в нижній кульмінації. Схилення світила δ вимірюють від 0° (світило на небесному екваторі) до $+90^\circ$ у північній півкулі небесної сфери і від 0° до -90° у південній півкулі.

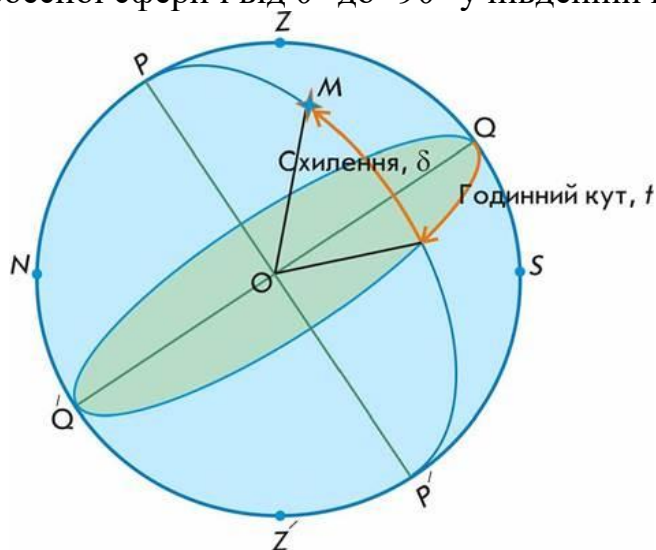


Рис. 3. Перша екваторіальна система координат.

У цій системі одна з координат — схилення світила δ — залишається незмінною під час обертання небесної сфери. Друга координата — годинний

кут t — безперервно зростає, бо її відлік ведуть від моменту верхньої кульмінації світила в конкретному пункті Землі.

Таким чином, координата t у першій екваторіальній системі, як і горизонтальні координати A і h світила, мають своє певне значення тільки для деякого моменту часу. Тому, наприклад, використовуючи ці координати, не можна побудувати зоряні карти чи скласти каталог зір для постійного користування. Ця обставина є недоліком зазначеної системи координат.

3. Друга екваторіальна система координат. У цій системі використовують такі координати: пряме піднесення a світила M і його схилення δ (рис. 4). Точкою відліку однієї з координат є точка весняного рівнодення Υ , а другої — площина небесного екватора.

Пряме піднесення a світила M відлічують від точки весняного рівнодення вздовж небесного екватора назустріч видимому обертанню небесної сфери до кола схилення світила. Вимірюють a в годинах h , хвилинах t , секундах s . Схилення δ світила вимірюється так само, як у першій екваторіальній системі небесних координат.

З рис. 4 бачимо, що для кожного світила виконується рівність:

$$a + t = s.$$

Тобто, зоряний час s — це годинний кут точки весняного рівнодення: $s = t$.

Оскільки координати a і δ змінюються з плином часу повільно (причиною є власний рух світила та ін. обставини), то їх використовують для складання каталогів небесних об'єктів, наприклад зір. Цю систему координат наносять на мапи зоряного неба.

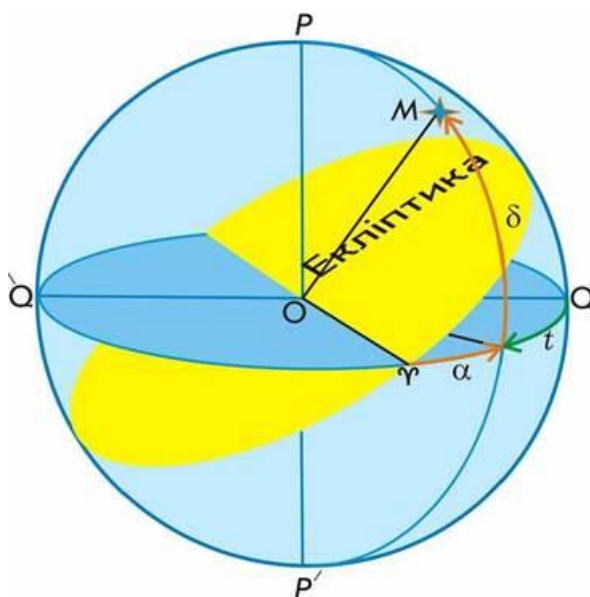


Рис. 4. Друга екваторіальна система координат.

Хід роботи

1. Для вашого зодіакального сузір'я з допомогою глобус-моделі «Зоряне небо» оцініть межі по прямому піднесенню і схиленню.

2. Запишіть сузір'я, в якому буде знаходитися точка з координатами:

RA: Ваш місяць народження·2 (год);

DEC: Ваш день народження·3 - 45 (°).

В якому сузір'ї буде знаходитися точка-антипод?

3. Виберіть по одній яскравій зірці з наступних сузір'їв: Велика Ведмедиця, Мала Ведмедиця, Північний Хрест, сузір'я вашого знаку зодіаку, довільне сузір'я північної півкулі, довільне сузір'я південної півкулі.

4. Для вибраних зірок з даного сузір'я заповніть таблицю (на 23:59 у ваш день народження поточного року, місце спостереження – Івано-Франківськ):

(дата народження студента)

№	Код сузір'я (лат.)	Назва зірки	$\alpha_{\text{оціночн}}^*$	$\delta_{\text{оціночн}}^*$	α^{**}	δ^{**}	t^{**}	h^{**}	z^*	A^*	Напрямок на зорю	Чи буде над горизонтом?
1												
2												
3												
4												
5												
6												

Тут і надалі:

* - заповнювати даними, отриманими з допомогою глобус-моделі «Зоряне небо».

** - заповнювати даними, отриманими з допомогою програмного забезпечення «Stellarium».

5. Визначте координати Сонця в день вашого народження поточного року:

а) оціночно з допомогою глобус-моделі «Зоряне небо»;

б) з допомогою математичних розрахунків;

в) точно з допомогою програмного забезпечення «Stellarium».

6. З допомогою програмного забезпечення «Stellarium» визначте, через які сузір'я проходить Молочний шлях.

7. З допомогою програмного забезпечення «Stellarium» визначте, які планети можна буде спостерігати в день вашого народження поточного року. Коли заходять і сходять ці планети цього дня? Яка їхня видима зоряна величина?

8. Для шести об'єктів каталогу Месье, з допомогою програмного забезпечення «Stellarium» визначених за формулою $N+25 \cdot i$, де N – номер вашого варіанту, $i = 0 \dots 4$, визначте в якому сузір'ї знаходиться об'єкт, що це за об'єкт і відстань до нього.

9. Перевірити передбачення щодо повного сонячного затемнення, яке має відбутися 20 березня 2015 року на території Англії. Якщо затемнення відбулося, то яким воно було на території України? Визначити час початку та тривалість затемнення

Контрольні запитання

- 1) Що таке зеніт і надир?
- 2) Якими координатами описують положення об'єкту в горизонтальній системі небесних координат?
- 3) Якими координатами описують положення об'єкту в першій екваторіальній системі координат?
- 4) Якими координатами описують положення об'єкту в другій екваторіальній системі координат?
- 5) В чому перевага другої екваторіальної системи координат над іншими?
- 6) В яких межах знаходяться значення азимуту, висоти, годинного кута, схилення і прямого піднесення?
- 7) В якому напрямі відраховують пряме піднесення?
- 8) Які співвідносяться годинний кут і пряме піднесення?

Використані джерела

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. — Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
33. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
4. Чепрасов В. Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: "Гостинець", 2006. — 652 с.

Лабораторна робота № 2

Тема роботи. Основні елементи небесної сфери. Зоряне небо і сузір'я. Умови видимості світил на різних широтах

Мета роботи. Вивчити основні елементи і добове обертання небесної сфери на її моделі. Встановити систему поділу небесної сфери на сузір'я. Вивчити умови видимості світил на різних широтах.

Обладнання, посібники і матеріали. Модель небесної сфери, армілярна сфера, плакати.

Завдання для теоретичної підготовки

1. З'ясувати і зафіксувати в протоколі та навчитись визначати за допомогою кутів і дуг основні лінії і точки небесної сфери (вісь світу, полюси світу, небесний меридіан, вертикальна лінія, zenit, надир, математичний горизонт, точки рівнодень і сонцестоянь: Т.В.Р., Т.О.Р., Т.З.С., Т.Л.С., тощо).
2. Скільки сузір'їв ми можемо бачити на небесній сфері одночасно? Що ми розуміємо під терміном "сузір'я"?
3. Ознайомитись з історією назв сузір'їв.
4. З'ясувати і записати в протокол умови видимості світил на різних широтах.
5. Довести теорему про висоту полюсу світу над горизонтом.

Контрольні питання

1. Що таке небесна сфера?
2. Назвіть основні лінії, точки і площини небесної сфери.
3. Дати характеристику взаємозв'язку між певними точками, лініями, площинами.
4. Пояснити відмінність у формулюванні поняття «сузір'я» раніше і тепер.
5. Вивчити, запам'ятати та навчитись знаходити на небесній сфері 20 найбільш яскравих зір північного неба та вказати назви сузір'їв де вони знаходяться (Наприклад: α Діви – Спіка).
6. Охарактеризуйте рух і умови видимості світил на різних географічних широтах.

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчити основні елементи на моделі небесної сфери та встановити зміну їх положення щодо спостерігача в процесі добового обертання небесної сфери. Записати окремо елементи, які не змінюють свого положення протягом доби (року) і вказати ті елементи, що змінюють свої положення відносно спостерігача.
2. На моделі небесної сфери вивчити вигляд і особливості добового обертання небесної сфери на: екваторі, тропіках, полярних колах, географічних полюсах Землі та м. Вінниці. Подати схему вигляду небесної сфери на різних широтах.
3. Визначити які зорі доступні для спостереження у м. Вінниці.
4. Визначити zenitну віддаль, висоту у верхній і нижній кульмінації зір на земному екваторі, північному тропіку, північному полярному колі, північному географічному полюсі і у м. Вінниця: Капелла, Алголь, Сиріус, найяскравішу зорю Вашого зодіакального сузір'я.
5. Сформулювати висновки про причини різного виду зоряного неба в різних місцях земної поверхні.

6. Завдання для самостійних спостережень (додаток. Завдання 1)

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №3

Тема: Практичне визначення гостроти зору експериментатора при проведенні астрономічних спостережень

Мета: Вивчити основні методики визначення гостроти зору експериментатора і практично встановити власні параметри свого зору.

Обладнання, посібники і матеріали. Картон 10 x 6 см, з отвором в середній частині діаметром 10 мм, аркуш білого паперу, мірна стрічка, лінійка.

Короткі теоретичні відомості

Астрономічні спостереження – захоплююче заняття, яке доступне кожній людині. Щоб приступити до спостережень і навіть набути в цьому певного досвіду, необов'язково мати те, що називають математичним складом розуму. Зайняття астрономією не просто одне з небагатьох захоплень, що приносить величезне задоволення, – за бажання без особливих зусиль можливо проводити спостереження, що представляють наукову цінність.

Небо відкриває багаті можливості для спостережень. Передусім це явища, що відбуваються в земній атмосфері: метеори і полярні сяйва. Разом з планетами і зорями спостереженням доступні і далекі галактики.

Зрозуміло, що основним інструментом спостережень є око. Зіниця ока майже миттєво реагує на значні зміни освітленості, але справжня адаптація до темряви відбувається, коли в сітківці очей виробляється особливий очний пігмент. Адаптація триває більше 30 хвилин, впродовж яких чутливість ока помітно підвищується. Тому перед спостереженнями рекомендується захистити очі від яскравого світла – деякі спостерігачі з цією метою використовують темні сонцезахисні окуляри.

Оскільки слабке червоне світло майже не впливає на адаптацію очей до темряви, то розглядати зоряні карти або робити записи під час спостережень рекомендується при червоному освітленні. Для цього лампу або кишеньковий ліхтар можна огорнути червоним папером, пластиком або тканиною і переконаєтеся, що світло дуже слабке. Спостереження у бінокль мають певну перевагу, оскільки обидва ока при цьому працюють одночасно в однакових умовах, що істотно зменшує їх стомлюваність.

При спостереженнях в телескоп спробуйте «побороти» природне бажання замружити "непотрібне" око, бо це призводить до напруги і втоми обох. З часом ви навчитеся не звертати увагу на друге розплющене око, але якщо це виявиться важким (чи у разі стороннього світла, що заважає), то на нього слід надягти пов'язку, яка дозволить вам при спостереженнях тримати обидва ока відкритими.

Неприємним дефектом зору є астигматизм, із-за якого зображення зір виглядають витягнутими або безформними. Такі дефекти, як далекозорість або короткозорість, не створюють проблем при спостереженнях у біноклі або телескопи, оскільки ці прилади допомагають фокусувати зображення відповідно до можливостей зору.

Більшості спостерігачів спочатку не вдається розрізнити слабкі деталі на поверхні планет або менш яскраві зорі. Проте у міру набуття досвіду сприйняття швидко покращується, тому, чим частіше ви проводите спостереження, тим краще. Досвідчені спостерігачі часто використовують бічний зір, дивлячись злегка убік від досліджуваного слабкого об'єкту, при цьому зображення потрапляє на чутливішу частину сітківки ока. Встановити точне місце розташування цієї невеликої чутливої ділянки сітківки не просто. Хоча телескопи і біноклі повинні по можливості мати жорстке кріплення, дуже слабке зміщення окулярної частини іноді допомагає виявити в полі зору слабкі зорі, бо око краще розрізняє об'єкти, що рухаються.

Щоб бути максимально підготовленими до початку спостережень доцільно на перших етапах вивчення астрономії виконати запропоновану лабораторну роботу для визначення гостроти зору спостерігача.

Роздільна здатність ока – це граничний кут, під яким дві точки (лінії), що знаходяться на деякій відстані одна від одної, спостерігаються роздільно. Цим і визначається метод знаходження роздільної здатності ока – його гостроти: φ – роздільна здатність ока; Δt – час реакції на світловий або звуковий сигнали.

Завдання для самостійної роботи.

1. Відповідно до поняття роздільної здатності ока, зробити позначення, які показані на рис. 1.

2. Уявити, що радіусом d описано коло з центром в отворі картону. У даному випадку $2\pi d$ відповідає $360^\circ = 360 \cdot 3600'' = 1296 \cdot 10^3''$

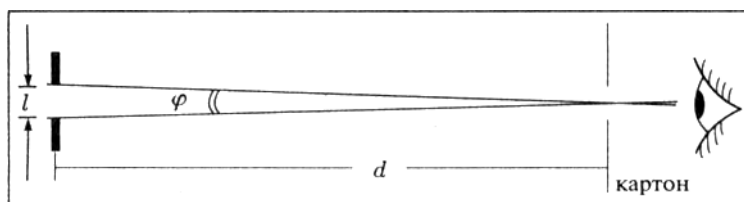


Рис. 1. Схема до визначення гостроти зору:

l – відстань між двома точками або лініями; d – відстань від екрана з намальованими точками (лініями) до картону з отвором; φ – кут зору

$$\left. \begin{array}{l} 2\pi d - 1296 \cdot 10^3'' \\ l - \varphi \\ \text{де, } l \text{ та } d \text{ в мм.} \end{array} \right\} \varphi = \frac{l \cdot 1296 \cdot 10^3''}{2\pi d}$$

3. На аркуші білого паперу малюємо дві лінії на відстані $l = 1$ мм один від одного. Закріплюємо листок на стіні з достатнім освітленням. Беремо картон з отвором, відходимо від стіни приблизно на 3 м, дивлячись одним оком в отвір, підходимо до листка. Як тільки побачимо лінії роздільно, зупиняємося. Вимірюємо мірною стрічкою відстань d (мм). Аналогічно робимо і з другим оком. Отримані дані записуємо в таблицю. Відстань між лініями можна більш точно виміряти за допомогою лупи або мікроскопа (табл. 1).

Приклад обчислень: $\varphi_1 = \frac{1 \cdot 1296 \cdot 10^{3''}}{6,28 \cdot 1600} = 129''$

Середнє значення: $\bar{\varphi} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3}{3} = 121''$

Таблиця 1.

№ з / П	l (мм)	d (мм)	φ "
1	1	1600	129
2	0,95	1700	115
3	0,97	1660	120

Висновок. Роздільна здатність очей даного експериментатора $\varphi = 121''$, тобто у нього короткозорість. Граничний кут роздільної здатності нормального ока $\varphi_H = 50''$

Примітка I. Властивості нормального ока:

1. Відстань найкращого зору - 25 см.
2. Зміна діаметру зіниці ока в залежності від освітленості від 2 ÷ 8 мм.
3. Час повної адаптації ока при переході від високих освітленостей до низьких - 1 година.
4. Граничний кут зору - 50".
5. Розмір світлочутливих клітин ока – 2,5 ÷ 3 мкм.
6. На відстані 25 см око розрізняє дві точки, що знаходяться на відстані 0,25 мм.
7. Поріг зорового відчуття відповідає потужності 10–17 Вт

Примітка II. У примітці I наведена роздільна здатність неозброєного ока - 50 ". Озброєння телескопом значно підвищує роздільну здатність ока. Наприклад, відомо, що якщо розмістити на Місяці оптичний телескоп, дзеркало якого зробити діаметром 25 м, то він буде давати кутову роздільну здатність 0,0001". У таблицях 2 Л та 2 П записують дані для лівого та правого ока.

Таблиця 2. Зразок таблиць 2 Л і 2 П для лівого і правого очей.

№ з / п	l (мм)	d (мм)	φ "
1			
2			
3			

Спостереження багатьох небесних тіл і явищ можна проводити неозброєним оком. Особливе місце тут займають вивчення сузір'їв і орієнтування серед зір. Подібні спостереження дуже важливі для астрономів, оскільки дають чудову практику, яка служить підготовкою до вивчення неба за допомогою бінокля і телескопа. Так, на Місяці неозброєним оком є можливість розрізнити таку ж різноманітність цікавих деталей, як у більшості планет в телескопи.

Тому спостереження Місяця сприяють накопиченню великого досвіду для подальших телескопічних досліджень планет та інших небесних тіл.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №4

Робота з рухомою картою зоряного неба

Мета роботи: ознайомитися з картою зоряного неба, навчитися використовувати її для визначення положень на небі залежно від дати та часу, визначати моменти часу сходу та заходу світил.

Обладнання: рухома карта зоряного неба.

Теоретичні відомості

Найпростіший астрономічний прилад, який дає змогу стежити за добовою зміною положень світил відносно небесного меридіана та горизонту - рухома карта зоряного неба (РКЗН). За допомогою неї можна (хоч і наближено) досить швидко і без жодних теоретичних розрахунків розв'язувати низку задач практичної астрономії.



Рис. 1. Рухома карта зоряного неба

Рухома карта зоряного неба являє собою навчальний прилад, який служить для вивчення зоряного неба. Вона дає можливість визначити його вид в будь-який момент часу; з допомогою рухомої карти зоряного неба можна встановити, які світила сходять, заходять або кульмінують.

Карта складається з двох частин: рухомої і нерухомої.

Рухома частина є диском, в центрі якого знаходиться північний полюс світу. Від нього розходяться у вигляді прямих ліній кола схилень.

Концентричними колами на диску зображені небесні паралелі, які відповідають значенням $\delta = +60^\circ, +30^\circ, 0^\circ, -30^\circ, -45^\circ$

Небесний екватор і небесні паралелі позначені цифрами в точках їх перетину з колом схилень $\alpha = 0^h$ і $\alpha = 12^h$.

На паралелі, яка проходить біля краю диска, нанесені з внутрішньої сторони числові значення α , які відповідають прямому піднесенню проведених кіл схилень ($0^h, 1^h, 2^h$, і т.д.).

З зовнішньої сторони цієї паралелі нанесені календарні числа і назви місяців.

Ексцентричний овал, який перетинається з екватором в точках ($\alpha=0^h$, $\delta=0^\circ$) і ($\alpha=12^h$, $\delta=0^\circ$), зображає екліптику.

Якщо провести із полюса світу пряму на той чи інший день шкали календарних дат, тоді точка перетину цієї прямої із екліптикою покаже положення Сонця на небесній сфері в заданий день.

Область карти, яка міститься всередині небесного екватора, зображає собою північну небесну півсферу. Зовнішня частина карти зображає пояс південної півсфери. На диску пунктирними лініями зображені межі сузір'їв.

На нерухомій частині зоряної карти, яка є накладним кругом з внутрішнім вирізом овальної форми, положення якого визначається географічною широтою місця спостереження. Він вирізається по тій лінії, яка відповідає значенню географічної широти найближчої до географічної широти місця спостереження. Накладний круг на карті зоряного неба дає змогу виділити ту частину небосхилу, яку можна спостерігати в даному місці Землі в заданий момент часу. Сузір'я, які містяться всередині овала, у даний момент часу заданого дня року будуть перебувати над горизонтом, решта - під горизонтом (їх спостереження у даний момент часу з даної точки Землі неможливе). Контур овалу зображає математичний або істинний горизонт. На цьому контурі є шкала азимутів (у градусах від 0 до 360°), за якою можна наближено оцінювати значення азимутів світил. На цій шкалі додатково позначено основні точки горизонту: південь S ($A = 0^\circ$), захід W ($A = 90^\circ$), північ N ($A = 180^\circ$) та схід E ($A = 270^\circ$).

На внутрішній частині накладного круга розміщується годинний лімб, поділений на 24 години, на якому штрихи нанесені через кожні 10 хвилин. На лімб нанесені цифри в системі середнього часу. Для отримання вигляду неба в певний момент значення часу на годинному лімбі зіставляється з датою на нерухомій частині.

Пряма, що проходить через точки півдня та півночі, зображає небесний меридіан. Світила, які перетинаються з небесним меридіаном, перебувають в кульмінації в даний момент часу. У верхній кульмінації містяться ті світила, які перебувають на небесному меридіані між Північним полюсом світу та точкою півдня. Сузір'я, які в даний момент часу сходять над горизонтом, перебувають в східній частині істинного горизонту (поблизу дуги математичного горизонту від точки півночі через точку сходу до точки півдня). А сузір'я, що в даний час заходять, слід шукати поблизу західної частини істинного горизонту.

Положення зеніту на накладному крузі визначається точкою перетину небесного меридіана і добової паралелі, що має схилення, яке дорівнює географічній широті місця спостереження.

Хід роботи

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дата	1.01	2.02	3.03	5.05	6.06	7.12	8.11	9.10	1.09	5.08

Для 23:25 дня вашого народження і 11:35 дати згідно варіанту визначте:

- 1) які сузір'я і яскраві зорі сходять і заходять;
- 2) які сузір'я і яскраві зорі будуть у верхній і нижній кульмінаціях;
- 3) у якому сузір'ї перебуватиме Сонце і його координати;
- 4) час сходу і заходу Сонця, тривалість дня;
- 5) в якому сузір'ї перебувати Місяць якщо він
 - а) молодий;
 - б) у I чверті;
 - в) у повні;
 - г) у II чверті;
- 6) азимуту Денебу, Веги і Альтаїру;
- 7) моменти сходу і заходу цих світил в задану дату.

Контрольні запитання

- 1) Як з допомогою рухомої карти зоряного неба визначити вигляд неба в заданий момент часу?
- 2) Як з допомогою рухомої карти зоряного неба можна визначити координати світила?
- 3) Як з допомогою рухомої карти зоряного неба можна визначити час верхньої (нижньої) кульмінації світила в задану дату?
- 4) Як з допомогою рухомої карти зоряного неба можна визначити моменти сходу (заходу) світила в задану дату?
- 5) Як з допомогою рухомої карти зоряного неба можна визначити положення Сонця в задану дату?
- 6) Як з допомогою рухомої карти зоряного неба можна визначити положення Місяця в задану дату?

Використані джерела

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. — Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
33. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: "Гостинець", 2006. — 652 с.

Лабораторна робота № 5

Тема роботи. Малі зоряні атласи. Екваторіальні системи небесних координат

Мета роботи. Ознайомитись із змістом малих зоряних атласів та навчитись користуватись ними при вивченні зоряного неба. Детально вивчити системи небесних координат та навчитись ними користуватись при визначенні положення небесних світил. Навчитись користуватись картою і атласом зоряного неба.

Обладнання, посібники і матеріали. Модель небесної сфери, малий зоряний атлас А. А. Михайлова та навчальний зоряний атлас А. Д. Марленського, астрономічний календар.

Завдання для теоретичної підготовки

1. Уважно розглянути та запам'ятати умовні позначення для зоряних карт.
2. Записати в протокол для чого служать зоряні атласи, та які системи проєкцій вибираються для зображення зоряного неба на картах.
3. З'ясувати та записати в протокол визначення небесних координат. Пояснити подібність основних елементів і їх відмінності.
4. Дати в протоколі креслення небесних горизонтальної, екваторіальних та екліптичної систем координат на небесній сфері.

Контрольні питання

1. Які докази і факти підтверджують добове обертання Землі?
2. Як визначити точки півдня, півночі, сходу і заходу?
3. Як визначається ціна найменшої поділки штриховки карт зоряного неба?
4. Що називається епохою карт або епохою рівнодення? Яка схема зоряних карт атласу А.А.Михайлова?
5. Що ми звемо прямим сходженням, схиленням світла та годинним кутом?
6. Що ми звемо точками весняного, осіннього рівнодення та точками літнього та зимового сонцестояння?
7. Для розв'язку яких задач астрономії застосовуються екваторіальні системи координат?

Завдання для самостійної роботи

1. Вивчіть будову зоряної карти. Занести у таблицю 1 визначені наближено за допомогою зоряної карти екваторіальні координати яскравих зір: Альдебарана, Фомальгаут, Веги, Кастора, Антарес, Альтаїра, Проціона, Арктура, Сиріуса, Регула, Алголя, Спіки.

Таблиця 1.

№ з/п	Назва сузір'я	Найменування і позначення зорі	Екваторіальні координати	
			α	δ

1.				
2				
...				

2. Визначити назву і видиму зоряну величину зір, положення яких задається координатами:

Таблиця 2.

№ з/п	Назва сузір'я і зорі	Наближені координати зорі		Координат и зорі за каталогом	
		a	δ	a	δ
1.		$5^{\text{h}}14^{\text{m}}$	$+45^{\circ},5$		
2.		$6^{\text{h}}44^{\text{m}}$	$-16^{\circ},7$		
3.		$7^{\text{h}}37^{\text{m}}$	$+05^{\circ},3$		
4.		$19^{\text{h}}49^{\text{m}}$	$+08^{\circ},8$		
5.		$22^{\text{h}}56^{\text{m}}$	$-29^{\circ},8$		

3. За допомогою карти зоряного неба визначити екваторіальні координати, спектральний клас і видиму зоряну величину найбільш яскравих зір із сузір'їв:

- 1) Візничого; 2) Кассіопея;
3) Оріона; 4) Лебедя; 5) Вашого зодіакального сузір'я.

4. Використовуючи зоряні атласи, ототожнити фотографії зоряного неба – одне сузір'я скопіювати на кальку, а його основні зорі зафіксувати і вказати назву сузір'я.

5. Випишіть назви найбільших сузір'їв, по яких проходить Чумацький шлях.

6. Відомо, що Полярна зоря віддалена від північного полюсу світу на $54'$, а зоря σ Стрільця – на $116^{\circ} 20',5$. Визначте їх схилення.

7. Із Астрономічного календаря випишіть координати Сонця, Місяця та кількох планет на день виконання роботи і за ними нанесіть положення зазначених світил на зоряну карту.

8 За картою зоряного неба вивчити і зобразити контури найяскравіших сузір'їв, записати основні характеристики і екваторіальні координати найцікавіших об'єктів цих сузір'їв (зоряних скупчень, подвійних, змінних зір, туманностей і т.п.).

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. — Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.

6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. — 652 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6
Тема: ПЕРЕТВОРЕННЯ АСТРОНОМІЧНИХ КООРДИНАТ.

Мета роботи: Ознайомити студентів з методами перетворення астрономічних координат.

Посібники і прилади: „Астрономічний календар”, „Шкільний астрономічний календар”, модель „Небесна сфера.”

I. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

1. Вивчити:

- а). Поняття про небесну сферу. Основні лінії та площини небесної сфери.
 - б). Системи небесних координат; перетворення астрономічних координат.
 - в). Теорема про висоту полюса світу над горизонтом.
2. Довести, що сторони і кути паралактичного і П астрономічного трикутників виражаються так, як на рисунках 1 та 2, відповідно.
3. Вивести робочі формули (1) - (5).
4. Визначення положення точки весняного рівнодення.

Перетворенням астрономічних координат називається обчислення сферичних координат світила в певній заданій системі за відомими його координатами в іншій системі. Таке перетворення здійснюється на основі першого астрономічного трикутника, так званого, паралактичного трикутника – трикутника на небесній сфері, вершинами якого є полюс світу P , зеніт Z та світило M (рис. 1).

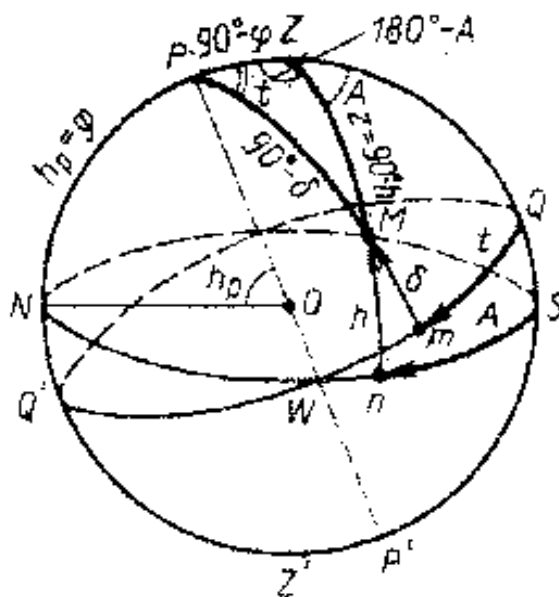


Рис.1

Для перетворення горизонтальних координат у екваторіальні застосовуємо основні співвідношення між сторонами і кутами сферичного трикутника до

сторони PM і кута ZPM паралактичного трикутника. В результаті отримуємо наступні формули:

$$\sin \delta = \sin \varphi \cos z - \cos \varphi \sin z \cos A \quad (1a)$$

$$\cos \delta \cos t = \cos \varphi \cos z + \sin \varphi \sin z \cos A \quad (1б)$$

$$\cos \delta \sin t = \sin z \sin A \quad (1в)$$

Значення функцій $\sin t$, $\cos t$ одержані з рівнянь (1б), (1в) дають можливість однозначно визначити величину годинного кута t .

Для перетворення екваторіальних координат у горизонтальні застосовуємо основні співвідношення між сторонами і кутами сферичного трикутника до сторони ZM і кута PZM в паралактичному трикутнику. В результаті одержимо:

$$\begin{aligned} \cos z &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \\ \sin z \cos A &= -\cos \varphi \sin \delta + \sin \varphi \cos \delta \cos t \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t$$

Для перетворення екваторіальних координат у екліптичні використовуємо другий астрономічний трикутник, вершинами якого є полюс екліптики Π , полюс світу P і світило M (рис.2). Припустимо, що кут нахилу екліптики до екватора $\varepsilon = 23^\circ 27'$. Для знаходження екліптичних координат світила, застосовуємо до сторони ΠM і кута $\Pi M P$ основні співвідношення між сторонами і кутами сферичного трикутника. Матимемо:

$$\begin{aligned} \sin \beta &= \cos \varepsilon \sin \delta - \sin \varepsilon \cos \delta \sin \alpha \\ \cos \beta \cos \lambda &= \cos \alpha \cos \delta \\ \cos \beta \sin \lambda &= \sin \varepsilon \sin \delta + \cos \delta \cos \varepsilon \sin \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

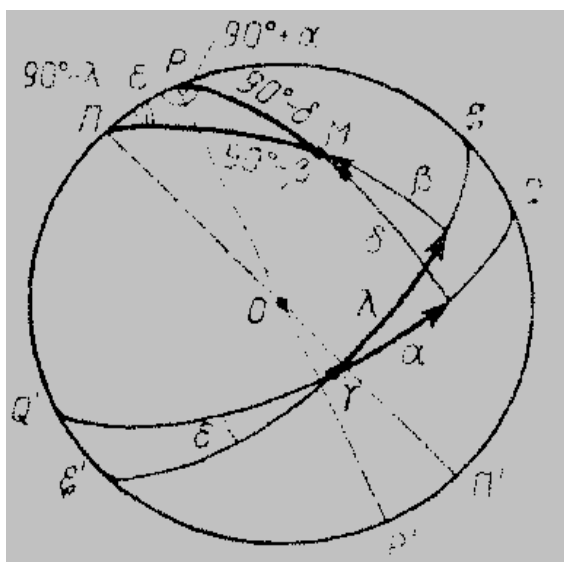


Рис.2

На основі другого астрономічного трикутника можемо отримати зв'язок між екваторіальними і екліптичними координатами Сонця (враховуючи при цьому, що $\beta_0 = 0$)

$$\sin \alpha_{\oplus} = \frac{\operatorname{tg} \delta_{\oplus}}{\operatorname{tg} \varepsilon}$$

$$\cos \lambda_{\oplus} = -\cos \alpha_{\oplus} \cos \delta_{\oplus} \quad (4)$$

Ці формули дозволяють обчислити положення Сонця на екліптиці і завжди знати положення точки весняного рівнодення γ , не дивлячись на те, що ця точка на небі нічим не позначена. Значення δ_{\oplus} знаходять, вимірюючи видиму зенітну віддаль центра Сонця в момент його верхньої кульмінації (з врахуванням рефракції):

$$\delta_{\oplus} = \varphi - z_{\oplus} \quad (5)$$

II. РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ

1. Визначити екваторіальні координати α і δ зірки на основі визначених для неї із спостережень горизонтальних координат A і h в Івано-Франківську на широті $\varphi = 49^{\circ}20'$ в момент зоряного часу s .

Варіант	A	h	s
1	24°31'	10° 12'	8 ^h 12 ^m 06 ^s
2	34° 20'	81° 06'	14 13 50
3	67° 08'	65° 00'	06 22 45
4	243° 43'	57° 31'	23 07 00
5	123° 43'	11° 32'	12 34 56
6	07° 54'	08° 00'	10 43 23
7	145° 23'	22° 22'	11 33 54
8	213° 59'	43° 65'	12 65 34
9	276° 58'	34° 12'	19 55 44
10	34° 76'	88° 88'	22 08 50
11	126° 54'	12° 08'	12 08 12
12	133° 08'	09° 34'	21 45 34
13	322° 54'	67° 47'	06 54 34
14	300° 45'	45° 34'	14 51 08
15	256° 34'	12° 55'	11 50 09
16	308° 12'	22° 43'	01 56 55
17	56° 33'	44° 44'	14 12 00
18	10° 20'	89° 59'	23 34 55
19	213° 45'	88° 37'	20 45 34
20	123° 55'	87° 34'	20 54 34
21	222° 54'	86° 56'	19 34 34
22	233° 43'	76° 45'	12 34 52

23	67° 56'	45° 34'	18 18 18
24	54° 34'	56° 25'	18 45 34
25	66° 45'	87° 45'	18 32 12
26	345° 45'	44° 33'	15 43 00
27	300 ° 00'	22° 33'	11 22 09
28	301° 44'	33° 56'	10 00 00
29	101° 20'	55° 44'	11 00 00
30	96° 35'	66° 00'	11 10 02
31	12° 33'	10°55'	00 ^h 33 ^m 21 ^s
32	12° 34'	10° 56'	00 31 32
33	12° 35'	10° 54'	19 08 56
34	12° 36'	10° 00'	14 00 09
35	13° 00'	10 ⁰ 01'	14 00 10
36	13° 01'	10° 02'	14 00 11
37	13° 02'	10° 03'	14 00 23
38	324° 56'	10° 05'	15 43 34
39	324° 55'	11° 54'	12 23 22
40	324° 45'	18° 18'	12 34 22
41	322° 45'	17° 32'	23 56 23
42	324° 54'	88° 56'	22 21 45
43	300° 56'	34° 56'	00 00 07
44	321° 56'	23° 55'	00 00 05
45	56° 45 ⁱ	22° 44'	00 03 12
46	00° 06'	34° 12'	00 07 45 .
47	56° 45'	76 ° 45'	07 34 23
48	123° 34'	88° 00'	04 23 12
49	234° 45'	12° 34'	12 12 12
50	100° 09	23° 22'	00 00 01
51	234° 13'	22° 12'	09 34 12
52	233° 45'	21° 20'	00 09 09
53	301° 23'	20° 21'	00 09 08
54	67° 56'	22 ° 45'	00 00 05
55	321° 45'	23° 22'	23 54 34
56	344° 54'	12° 32'	22 22 00
57	301° 23'	23° 00'	01 00 00
58	256° 11'	22° 00'	01 01 00
59	322° 01'	22° 22'	12 23 11
60	312° 34i	00° 08'	12 32 44

2. Обчислити зенітну віддаль і азимут зірки (значення α і β взяти із шкільного астрономічного календаря) для заданого моменту часу ($\varphi = 49^\circ 20'$).

Зірки	B	S	B	S	B	S
Альтаір	1	12 ^h 43 ^m 22 ^s	22	2 ^h 22 ^m 54 ^s	43	22 ^h 13 ^m 55 ^s
Антарес	2	3 56 00	23	16 23 34	44	6 23 44
Арктур	3	22 12 54	24	17 22 33	45	5 12 44
Бетельгейзе	4	00 45 00	25	18 12 00	46	3 12 03
Вега	5	12 22 33	26	19 12 00	47	1 11 00
Денеб	6	4 12 31	27	20 44 34	48	2 55 00
Капелла	7	7 12 00	28	12 44 23	49	3 12 34
Кастор	8	17 23 09	29	11 10 19	50	4 15 00
Поллукс	9	3 24 55	30	23 00 00	51	5 33 30
Полярна	10	22 00 00	31	0 00 02	52	6 12 00
Проціон	11	21 00 05	32	12 00 00	53	7 13 24
Регул	12	1 16 53	33	1 00 01	54	8 45 00
Ригель	13	2 45 23	34	14 44 32	55	9 00 00
Сіріус	14	15 23 12	35	17 57 00	56	10 10 00
Спіка	15	23 55 56	36	18 00 02	57	11 12 25
Альбірео	16	12 23 44	37	23 44 00	58	12 32 44
Фомальгаут	17	7 45 00	38	22 00 05	59	13 45 22
Міцар	18	12 33 00	39	21 00 03	60	14 04 00
Аламак	19	13 42 44	40	23 12 25		
Спіка	20	12 55 34	41	12 56 00		
Гемма	21	13 00 09	42	7 25 00		

3. Обчислити екваторіальні і екліптичні координати Сонця за його зенітною віддаллю, виміряною в справжній південь в Івано-Франківську ($\varphi = 49^\circ 20'$).

Варіант	Z	Варіант	Z	Варіант	Z
1	41° 20'	21	49° 27'	41	58° 50'
2	42° 35'	22	49° 35'	42	60° 02'
3	43° 24'	23	49° 55'	43	61° 23'
4	36° 45'	24	49° 00'	44	61° 34'
5	37° 56'	25	50° 00'	45	61° 48'
6	38° 44'	26	50° 09'	46	63° 00'
7	39° 56'	27	50° 25'	47	62° 45'
8	40° 22'	28	50° 56'	48	68° 45'
9	41° 23'	29	51° 00'	49	69° 12'
10	42° 30'	30	52° 34'	50	69° 56'
11	43° 28'	31	53° 45'	51	70° 00'
12	44° 55'	32	54° 00'	52	71° 23'

13	45° 00'	33	55° 00'	53	70° 08'
14	46° 12'	34	55° 20'	54	71° 56'
15	47° 33'	35	55° 23'	55	59° 44'
16	47° 59'	36	55° 46'	56	70° 45'
17	48° 03'	37	56° 12'	57	70° 55'
18	48° 30'	38	56° 30'	58	71° 00'
19	48° 50'	39	56° 49'	59	71° 04'
20	49° 12'	40	56° 50'	60	72° 00'

4. Провести аналіз одержаних результатів на моделі "Небесна сфера".

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: "Гостинець", 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.

Лабораторна робота № 7-8 (4 год)

Тема роботи. БУДОВА І ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕСКОПІВ

Мета роботи. Вивчення характеристик невеликих телескопів і набуття навичок в користуванні приладом.

Обладнання, посібники і матеріали. Малий телескоп рефрактор типу "РТ", малий телескоп шкільного типу "РТМ", менісковий телескоп "ТМШ", метрична лінійка, математичні таблиці.

Завдання для теоретичної підготовки

- З'ясувати такі питання:
 - будова двох основних груп телескопів: *рефракторів і рефлекторів*;
 - зарисувати хід променів у *рефракторному, рефлекторному та менісковому телескопах*.
- Описати будову меніскового телескопа.
- Записати в звіт основні характеристики телескопів (означення і числові дані досліджуваних телескопів):
 - збірна здатність телескопа (W);
 - фокусна віддаль об'єктива (F);
 - відносний отвір об'єктива (B);
 - збільшення телескопа (N);
 - роздільна здатність телескопа (m);
 - поле зору телескопа (d).

Контрольні питання

- Накресліть схему ходу променів в телескопах: *рефракторному, рефлекторному та менісковому*.
- Поясніть механічну будову телескопа і правила користування приладом.
- Від яких характеристик залежить збільшення телескопа.
- Перелічіть основні характеристики телескопа.
- Які переваги меніскового телескопу над іншими системами телескопів.
- На окулярах телескопу вказані їх кратності збільшення: 40^x , 70^x ... Чому рівні фокусні віддалі цих окулярів?

Завдання для самостійної роботи

- Розгляньте схеми оптичних систем і механічну будову телескопів. З'ясуйте в чому полягає азимутальна і екваторіальна системи установки телескопів. Як за допомогою саморобного приводного пристрою здійснити обертання труби телескопа навколо осі світу синхронно добовому руху зір.
- Опануйте прийоми наведення телескопа на об'єкт. Виробіть тренувальними вправами уміння утримувати чітке зображення світила в полі зору телескопа засобами керування.
- Визначте характеристики кожного телескопа.
- Заповніть таблицю.

№ з/п	1	2	3
Тип телескопу			
Діаметр об'єктива (в мм) D			
Фокусна віддаль (в мм) F			
Відносний отвір об'єктива B			
Граничний кут роздільної здатності R			
Проникна сила (в зоряних величинах) m			
Фокусна віддаль окуляра (в мм) f ₁			
Збільшення телескопа N ₁			

Використані джерела

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
33. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. — 652 с.
7. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с.

Лабораторна робота №9-10 (4 год.)

Спостереження в телескопи та визначення їх характеристик

Мета роботи: вивчення характеристик невеликих телескопів і набуття навичок робот із ними

Обладнання: рухома карта зоряного неба, телескоп, програмне забезпечення «Star Walk 2 Free»

Теоретичні відомості

Важливими характеристиками телескопу є:

- діаметр об'єктиву D ;
- фокусна відстань F ;
- відносний отвір телескопу $A=D/F$;
- максимальне допустиме збільшення $W_{\max}=2D$ (безрозмірна величина);
- роздільна здатність телескопу $P = 140''/D$ (в кутових секундах);
- проникна здатність телескопу $m= 2.1^m + 5lg D$ (в зоряних величинах).

Збільшення телескопу залежить від вибраного окуляру і визначається за формулою

$$W=F/f$$

Лінійний діаметр d світила у фокальній площині телескопу визначається за формулою

$$d \text{ (рад.)} = F \cdot \text{tg } d',$$

де d' – кутовий діаметр світила.

Діаметр поля зору N телескопу, виражений в кутових хвилинах, може бути визначений теоретично за формулою

$$N = 2000/W,$$

де W – використовуване збільшення.

На практиці діаметр N можна визначити за часом проходження зірки в полі зору нерухомого телескопу. Для цього зірка, з відомим схиленням δ , встановлюється на край поля зору так, щоб при нерухомому телескопі вона пройшла по всьому діаметрі. Відмітивши на секундомірі моменти появи T_1 і зникнення T_2 зірки в полі зору телескопу, шукають

$$N = \frac{T_2 - T_1}{4} \cdot \cos \delta,$$

де $T_2 - T_1$ виражено в секундах, а N – в кутових хвилинах.

Хід роботи

- 1) Обчислити значення максимально допустимого збільшення, роздільної і проникної здатностей лабораторного телескопу;
- 2) Визначити на практиці діаметр поля зору телескопу для двох окулярів і порівняти з теоретичними значеннями;
- 3) Провести спостереження доступних планет. Зарисувати їх.
- 4) Навести телескоп на зоряне скупчення χ і h Персея та Туманність Андромеди М31.
- 5) Визначити на практиці реальну проникну здатність телескопу з урахуванням погодних умов і засвітки.

Контрольні запитання

- 1) Дати визначення відносному отвору телескопу.
- 2) Як обчислюється збільшення і максимальне збільшення телескопу?
- 3) Як теоретично обчислити поле зору телескопу?
- 4) Опишіть метод визначення поля зору телескопу на практиці.
- 5) Як теоретично визначити максимальну проникну здатність телескопу?
- 6) Опишіть спосіб практичного визначення максимальної проникної здатності телескопу.

Використані джерела

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. — Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздємаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
33. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
4. Чепрасов В. Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. — 652 с.

Лабораторна робота №11

Тема роботи. Видимий та річний рухи сонця і його наслідки

Мета роботи. З'ясувати причини зміни пір року на Земній кулі та кліматичні особливості теплових поясів. Визначити умови настання полярного дня та полярної ночі і їх тривалість на різних широтах. Визначити положення Сонця на небесній сфері залежно від широти місця спостереження і пори року та визначити умови настання і місце спостереження громадянських і астрономічних присмерків і білих ночей.

Обладнання, посібники і матеріали. Астрономічний календар, навчальний зоряний атлас, географічна карта світу або глобус, модель небесної сфери, телурій.

Завдання для теоретичної підготовки

1. На основі даних про те, що вісь Землі зберігає постійний напрям в космосі і, враховуючи нахил осі до площини обертання Сонця, з'ясувати характер зміни схилення Сонця протягом року.
2. Перевірити за допомогою астрономічного календаря схилення Сонця в дні рівнодень та в дні сонцестоянь. Довести, користуючись рисунками, залежність між зенітною відстанню світила в момент верхньої кульмінації і географічною широтою місця спостереження та схилення світила:

$$\delta_0 = \varphi \pm z. \quad (1)$$

В яких випадках в (1) стоїть знак "+", а коли "–"?

3. Довести, що для моменту нижньої кульмінації справедлива формула:

$$\delta = \pi - \varphi - z. \quad (2)$$

З наведених співвідношень (1) і (2) випливає, що разом зі зміною схилення Сонця міняється і його полуденна зенітна відстань. Чи обумовлює це зміну тривалості дня і ночі на одній і тій же географічній широті? Чи є несталість полуденної зенітної відстані Сонця причиною зміни пір року?

4. З'ясувати умови, при яких у високих широтах Сонце може не заходити або не сходити. Довести, що для цього треба використати формулу:

$$|\delta_0| \geq (90^\circ - |\varphi|). \quad (3)$$

5. Враховуючи астрономічну рефракцію і кутовий радіус Сонця перепишемо рівняння (3):

$$|\delta_0| = (90^\circ - |\varphi + \rho + R_0|). \quad (4)$$

З (4) слідує, що початок полярного дня настає раніше і закінчується пізніше, а початок полярної ночі настає пізніше, але закінчується раніше.

Контрольні запитання

1. Яка причина викликає зміну пір року і чи є вона єдиною причиною зміни погоди?
2. Який тепловий пояс ми звемо помірним? Скільки їх на Землі? Опишіть видимий рух Сонця та тривалість дня і ночі в різні пори року в них.
3. Який тепловий пояс ми називаємо тропічним. Опишіть видимий рух Сонця та тривалість дня і ночі в цьому поясі в різні пори року.

4. Яка максимальна і мінімальна висота Сонця на різних широтах полярного кліматичного поясу в різні пори року?
5. Як визначити дати настання безперервного полярного дня і безперервної полярної ночі у високих широтах Земної кулі?
6. Що ми звемо громадянськими та астрономічними присмерками?
7. Який характер зміни кількості сонячної енергії в залежності від фізичних умов на Землі, від широти місця спостереження і пори року.
8. Чому лише на екваторі день завжди рівний ночі?

Завдання для самостійної роботи

1. Прослідкуйте, використовуючи модель небесної сфери, шлях видимого добового руху Сонця в різні пори року на різних географічних широтах. Запишіть у звіт положення Сонця відносно небесного екватора.
2. Користуючись ефемеридами Сонця в астрономічному календарі простежте за зміною схилення Сонця протягом року та побудуйте графік цієї зміни.
3. За картами зоряного атласу встановити назви і межі зодіакальних сузір'їв, вказати ті, поблизу яких знаходяться основні точки екліптики.
4. Визначити в якому зодіакальному сузір'ї перебуває Сонце в день виконання роботи.
5. За рухомою картою зоряного неба визначити моменти сходу і заходу Сонця, тривалість дня і ночі, азимуту сходу і заходу в дні рівнодень і сонцестоянь.
6. Для днів рівнодень і сонцестоянь визначити полуденну і північну висоту Сонця у м. Івано-Франківськ, на географічних полюсах, тропіках, полярних колах.
7. Зробити висновки про зміну тривалості дня і ночі, азимуту сходу і заходу Сонця на різних географічних широтах.
8. В яку календарну дату починається полярний день на мисі Челюскін ($\varphi = 77^{\circ} 34'$)? Яка його максимальна тривалість?
9. Яка найбільша кількість білих ночей в Ігарці ($\varphi = 67^{\circ} 26'$).
10. Визначте дати, коли у Івано-Франківську вечірні астрономічні сутінки перекриваються з вранішніми.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с

8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. — Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №12

Тема роботи. Час та його вимірювання. Географічна довгота місця спостереження

Мета роботи. З'ясувати причину виникнення і методику визначення поправки годинника. Навчитись визначати географічну довготу місця спостереження за поясним часом, спостереженнями Сонця та таблицям. З'ясувати причини виникнення рівняння часу і способи його визначення. Дати визначення зоряного часу та зоряної доби. З'ясувати систему рахунку зоряного часу та його зв'язок з середнім сонячним часом. Навчитись визначати поправки годинника та користуватись таблицями переводу зоряного часу в середній сонячний час і навпаки.

Обладнання, посібники і матеріали. Астрономічний календар, географічна карта або глобус. Карта годинних поясів. Номограма для визначення рівняння часу. Таблиці переводу зоряного часу в середній сонячний і навпаки з середнього сонячного в зоряний час.

Завдання для теоретичної підготовки

1. З'ясувати причину зміни тривалості справжньої сонячної доби та характер її зміни.
2. Дати визначення середньої сонячної доби і середнього сонячного часу, а також з'ясувати залежність між середнім сонячним часом і годинним кутом середнього Сонця.
3. З'ясувати та дати визначення рівняння часу і навчитись знаходити його за номограмою та ефемеридами Сонця за астрономічним календарем.
4. Розв'язати приклад на поправку годинника.
5. З'ясувати, на яких спостереженнях ґрунтується система рахунку зоряного часу. Що являється основною одиницею зоряного часу?
6. З'ясувати причини і характер відмінності між тривалістю середньої сонячної доби і зоряної доби. Навчитись користуватись таблицями 13-А і 14-А [2].
7. Навчитись наближеному розрахунку середнього сонячного часу за зоряним і навпаки за допомогою формул.

Контрольні питання

1. Що ми звемо астрономічною, геодезичною і геоцентричною широтами і які причини їх обумовили?
2. Визначити висоту полюсу світу над горизонтом у м. Івано-Франківську.
3. Для чого ми використовуємо середній сонячний час? Що ми звемо середньою сонячною добою? Що таке середнє екваторіальне Сонце?
4. Вказати характер і походження причин, які викликають рівняння часу.
5. Чому в рівнянні часу є екстремальні значення? Дати детальне визначення причин формування рівняння часу.
6. Як практично визначити географічну довготу місця спостереження?
7. Який час ми називаємо всесвітнім, зоряним, грінвічським?
8. Випишіть та поясніть відповідні формули, за якими можна знайти середній та справжній сонячний час.

9. Як визначити поясний час та який його зв'язок з місцевим часом?
10. Які причини введення літнього часу та його зв'язок з місцевим і зоряним часом?

Завдання для самостійної роботи

1. Простежте за зміною рівняння часу за астрономічним календарем та складіть його номограму. Чому рівне його значення сьогодні? В які дати рівняння часу має нульові та екстремальні значення?
2. У пункті ($\lambda = 1^{\text{h}}45^{\text{m}}$), в момент, коли 7 листопада на сонячному годиннику було $10^{\text{h}}30^{\text{m}}$, годинник, який йде за декретним часом, показував $11^{\text{h}}14^{\text{m}}00^{\text{s}}$. Обчисліть поправку годинника, що показує декретний час.
3. Знайдіть місцевий, поясний і декретний час в Запоріжжі (2 пояс, $\lambda = 35^{\circ}10'$) в той момент коли в Ташкенті (5 пояс) на міському годиннику було $6^{\text{h}}40^{\text{m}}$ вечора.
4. Обчисліть місцевий, поясний і декретний час в пунктах, що лежать на меридіанах з географічною довготою $\lambda = 71^{\circ}25'$, $\lambda = 121^{\circ}54'$ в момент справжнього полудня 5 липня в Києві ($\lambda = 2^{\text{h}}02^{\text{m}}$), у м. Івано-Франківську на момент виконання роботи.
5. В деякому населеному пункті в $20^{\text{h}}35^{\text{m}}$ середнього часу було прийнято радіосигнал: "19 годин за Київським часом". Визначити:
 - а) географічну довготу місця спостереження і номер годинного пояса, в якому цей пункт лежить;
 - б) на скільки відрізняються покази годинників, що йдуть за місцевим і декретним часом в цьому пункті.
6. Радіостанція експедиції в момент $3^{\text{h}}9^{\text{m}}13^{\text{s}}$ середнього місцевого часу прийняла радіосигнал: "12 годин за декретним часом 8 пояса". Визначити за цими даними географічну довготу місцезнаходження експедиції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: "Гостинець", 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Геологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №13

Тема роботи. Зоряний час

Мета роботи. Дати визначення зоряного часу та зоряної доби. З'ясувати систему рахунку зоряного часу та його зв'язок з середнім сонячним часом. Навчитись визначати поправки годинника та користування таблицями переведу зоряного часу в середній сонячний час і навпаки.

Обладнання, посібники і матеріали. Астрономічний календар, каталог зір, модель небесної сфери. Таблиці переведу зоряного часу в середній сонячний і навпаки з середнього сонячного в зоряний час.

Завдання для теоретичної підготовки

1. З'ясувати, на яких спостереженнях ґрунтується система рахунку зоряного часу і що являється основною одиницею зоряного часу?
2. Який зв'язок між годинним кутом Т.В.Р. прямим спостереженням світила і зоряним часом?
3. Визначити зоряний час в момент нижньої кульмінації зорі з відомим прямим сходженням.
4. Як довести що різниця зоряних часів рівна різниці довгот пунктів, де часи вимірюються? Маючи місцевий зоряний час і географічну довготу, знайти зоряний час початкового меридіану.
5. З'ясувати будову і призначення пасажного інструменту.
6. З'ясувати причини і характер відмінності між тривалістю середньої сонячної доби і зоряної доби. Навчитись користуватись таблицями переведу проміжків часу сонячної доби в проміжки часу зоряної доби і навпаки.
7. Навчитись наближеному розрахунку середнього сонячного часу за зоряним і навпаки при допомозі формул.

Контрольні питання

1. Що ми зevamo сонячною добою та зоряним часом?
2. Чому справжня сонячна доба відрізняється від зоряної доби і в чому полягає ця різниця?
3. Як розташована Т.В.Р. в різні пори року по відношенню до небесного меридіану та математичного горизонту?
4. Визначити коефіцієнт переведу зоряного часу в середній і навпаки.
5. Як визначається поправка годинника за моментом кульмінації зорі?
6. Що таке тропічний рік?
7. Що таке ефемеридний час і в чому полягає завдання визначення ефемерид?
8. Що таке календар і які основні правила його створення?
9. Чому ввели лінію зміни дат? Як нею користуватися?

Завдання для самостійної роботи

1. За допомогою моделі небесної сфери або зоряного глобуса покажіть справедливість формули: $S = \alpha + t$. Визначте місцевий зоряний час в момент верхньої кульмінації Арктура і нижньої кульмінації Альдебарана.

2. Знайдіть пряме сходження тієї зорі, яка проходить через південну частину меридіану в Чернігові ($\lambda = 2^{\text{h}}05^{\text{m}}12^{\text{s}}$), в той момент, коли в м. Бішкек ($\lambda = 4^{\text{h}}58^{\text{m}}18^{\text{s}}$) зоря α В.Ведмедиці спостерігається в нижній кульмінації.
3. Визначте годинний кут зорі в пункті ($\lambda = 5^{\text{h}}39^{\text{m}}48^{\text{s}}$) в момент часу, коли ця зоря в м. Сімферополі ($\lambda = 2^{\text{h}}16^{\text{m}}36^{\text{s}}$) має годинний кут $t = 4^{\text{h}}30'00''$.
4. Знайдіть, переводячи середній сонячний час в зоряний і навпаки:
 - а) середній час 1 вересня в момент $13^{\text{h}}42^{\text{m}}$ зоряного часу;
 - б) зоряний час 24 лютого в момент $16^{\text{h}}37^{\text{m}}$ середнього часу.
5. Визначіть середній час у м. Івано-Франківську 20 березня в момент верхньої кульмінації зорі, для якої $\alpha = 11^{\circ}47'$. За допомогою астрономічного календаря і таблиць перекладу знайдіть поправку годинника, що йде за місцевим часом, якщо у вказаний момент його показ був $T = 23^{\text{h}}20^{\text{m}}50^{\text{s}}$.
6. Обчисліть зоряний час у м. Ужгороді в момент місцевого середнього полудня 25 жовтня. Знайдіть поправку годинника, що йде за місцевим часом, якщо в зазначений момент він показував $S = 14^{\text{h}}19^{\text{m}}20^{\text{s}}$.
7. З пункту спостереження ($\varphi = 50^{\circ}38'$) було виміряно висоти двох зір у моменти їх верхніх кульмінацій (на південь від точки зеніту): першої - $5^{\text{h}}32^{\text{m}}39^{\text{s}}$, другої - $8^{\text{h}}02^{\text{m}}49^{\text{s}}$ за місцевим зоряним часом. Знайдіть екваторіальні координати цих зір, якщо їх висоти у вказані моменти рівні: $h_1 = 49^{\circ}16'$ і $h_2 = 20^{\circ}19'$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Ф ранківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №14

Тема роботи. СХІД І ЗАХІД СВІТИЛ

Мета роботи. Навчитись користуватися рівнянням паралактичного трикутника, та знаходити годинний кут і азимут сходу і заходу світил. Навчитись, користуючись математичними таблицями, обчислювати час сходу і заходу світил та тривалість дня з врахуванням рефракції та кутового радіусу світила.

Обладнання, посібники і матеріали. Астрономічний календар, математичні таблиці, каталог зір, модель небесної сфери.

Завдання для теоретичної підготовки

1. Використовуючи формули сферичного трикутника, знайти співвідношення між сторонами і кутами паралактичного трикутника.
2. Розв'язати рівняння, за яким знайти годинний кут t , як функцію географічної широти φ і схилення світила δ .
3. Знайти зоряний час сходу і заходу світила, використавши рівняння паралактичного трикутника. Провести такі ж перетворення рівнянь з врахуванням рефракції, кутового радіусу світила та його паралаксу ρ , R_0 , p .
 1. За формулою паралактичного трикутника
$$\cos A = -\sin \delta / \cos \varphi$$
знайти азимут сходу і заходу світила.
5. Визначити тривалість дня за формулою розрахунку часу.
6. Записати в протокол означення вершин та сторін паралактичного трикутника.

Контрольні питання

1. Який трикутник ми звемо сферичним? Дати тлумачення всіх формул виведених на його основі.
2. Що називається сферичним лишком? Як визначити площу сферичного трикутника?
3. Який трикутник ми називаємо паралактичним?
4. Встановити зв'язок між горизонтальними та екваторіальними координатами при допомозі рівнянь паралактичного трикутника.
5. Чому міняється схилення та видимий радіус диску Сонця протягом року?
6. Як враховують рефракцію, паралакс і кутовий радіус світил в рівняннях паралактичного трикутника?
7. Що зветься добовим та горизонтальним паралаксом світила?
8. Що зветься громадянськими та астрономічними прискерками?

Завдання для самостійної роботи

1. Користуючись моделлю небесної сфери, простежте, як змінюється вигляд паралактичного трикутника під час добового руху світила. Як впливають географічна широта місця спостереження та величина схилення світила на тривалість перебування світила над горизонтом.

2. Обчисліть місцевий зоряний час сходу і заходу зорі Кастор (α Близнюків) у м. Владивосток ($\varphi = 53^{\circ} 12'$) і в Парижі ($\varphi = 48^{\circ} 50'$). (Астрономічну рефракцію не враховувати).
3. Визначте, враховуючи рефракцію, місцевий зоряний і поясний час сходу і заходу зорі Бетельгейзе 10 червня і 15 грудня поточного року в пункті з координатами $\varphi = 50^{\circ} 16'$, $\lambda = 1^{\text{h}} 54^{\text{m}} 7$.
4. Обчисліть місцевий зоряний час в місті Гринвічі та в місті Івано-Франківську в момент сходу зорі Регул (α Лева).
5. Зоря знаходиться 16 годин під горизонтом і 8 годин над горизонтом в м. Вінниці ($\varphi = 49^{\circ} 14'$). Обчисліть приблизно схилення зорі та азимут її точки заходу.
6. Визначте, враховуючи рефракцію і видимий кутовий радіус Сонця, тривалість дня і азимути Сонця при сході і заході 22 червня і 22 грудня в м. Києві ($\varphi = 50^{\circ} 27'$).
7. Обчисліть якнайточніше моменти місцевого часу і азимути сходу і заходу Сонця у рідному місті (селі) на дві-три доби вперед. Перевірте правильність відповіді безпосереднім спостереженням сходу або заходу Сонця в той день, для якого зроблено розрахунки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №15

Тема роботи. Рух тіл сонячної системи

Мета роботи. Навчитись визначати положення й переміщення планет на зоряній карті. Виявляти умови видимості планет відповідно до їх положення щодо Сонця. Навчитись використовувати закони небесної механіки для підрахунку параметрів руху небесних тіл. З'ясувати умови застосування Законів Кеплера та рівняння синодичного руху для знаходження дійсних рухів і положень тіл Сонячної системи.

Обладнання, посібники і матеріали. Рухома карта зоряного неба, астрономічний календар. Астрономічний календар, математичні таблиці, довідник любителя астрономії П.Г.Куликовського

Частина 1 РУХ ПЛАНЕТ ПО НЕБЕСНІЙ СФЕРІ

Завдання для теоретичної підготовки

1. Зарисувати конфігурації внутрішніх та зовнішніх планет Сонячної системи.
2. Рівняння синодичного руху для внутрішніх і зовнішніх планет.

Контрольні питання

1. Поясніть причину видимих петлеподібних рухів планет на фоні нерухомих зір.
2. В яких конфігураціях внутрішні та зовнішні планети бувають на найближчих відстанях до Землі?
3. Що таке елонгація планети ? Які бувають елонгації?
4. Що таке квадратура планети і які ви знаєте квадратури?
5. Дати визначення синодичного і сидеричного періодів обертання планети навколо Сонця.

Завдання для самостійної роботи

1. Виписати з астрономічного календаря координати Марса і Венери (α і δ) і їхні кутові діаметри (d'') через кожні 16 днів і занести в таблицю.
2. Відзначити точки розташування планет на зоряній карті. З'єднати, одержавши траєкторію планет.
3. Визначити кутові швидкості переміщення планет протягом доби на різних ділянках за формулами:

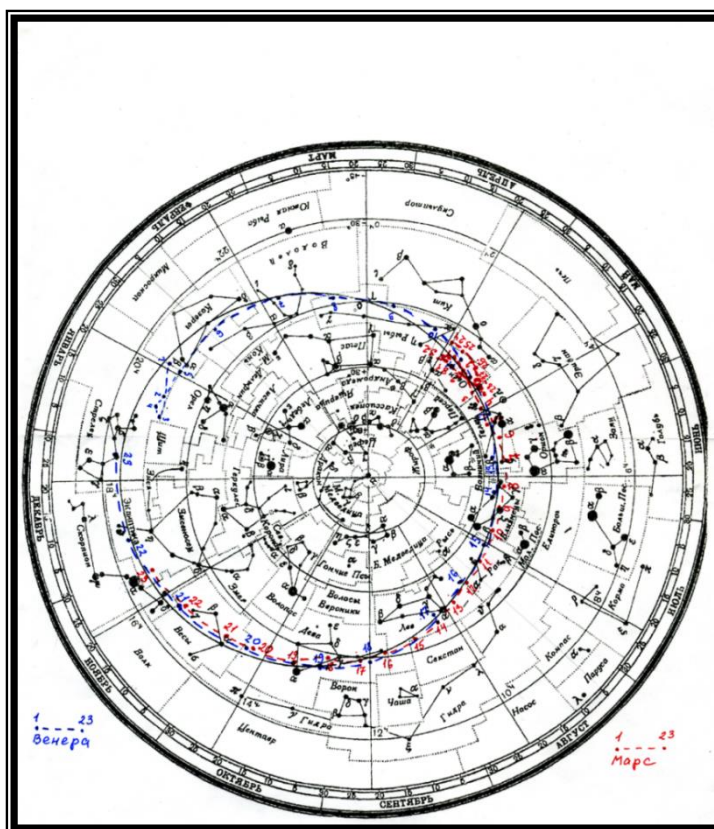
$$\omega_{\alpha} = \frac{\Delta\alpha}{N}$$

$$\omega_{\delta} = \frac{\Delta\delta}{N}$$

$$\omega = \sqrt{\omega_{\alpha}^2 + \omega_{\delta}^2},$$

де $\Delta\alpha = \alpha_2 - \alpha_1$, $\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1$, N – кількість днів між положеннями 1 і 2.

4. Занести отримані результати в таблицю, побудувати графік залежності ω від (N), виявити на графіку максимальну й мінімальну кутову швидкість. Робити окремо графіки для кожної планети.



5. Знаючи кутовий і лінійний діаметр планети, обчислити відстань до неї за формулою:

$$r = \frac{D}{\sin d},$$

де D – лінійний діаметр (км), а d – кутовий діаметр (у кутових секундах), r – відстань до планети в км у точках обчислення їхньої кутової швидкості.

6. Виділити на траєкторії планети петлеподібні ділянки і зробити висновок про особливості розташування планет відносно Землі в цей проміжок часу, окремо для внутрішньої й зовнішньої планети.

7. Знайти траєкторії руху точки конфігурацій для обох планет.

8. Для цих точок описати умови видимості планет допомогою рухомої карти, визначити моменти сходу, заходу й кульмінації цих положень для планет, а так само азимути сходу, заходу і висоту в кульмінації. Результати занести в таблицю. В останньому стовпчику виберіть найбільш зручний час для спостережень планети в кожній точці.

Частина 2 РУХ ТІЛ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Завдання для теоретичної підготовки

1. З літературних джерел виписати в робочий протокол фізичні характеристики всіх 8 планет Сонячної системи (розмір, густина, віддаль до Сонця, віддаль від Землі, періоди обертання навколо своєї осі та Сонця).
2. Сформулювати закони Кеплера (записати в зошит).

3. Записати формули для визначення перигелію, афелію, середньої відстані та ексцентриситету планети.
4. Визначити сидеричний період обертання будь-якої планети навколо Сонця за уточненим законом Кеплера.

Контрольні питання

1. Закони руху планет навколо Сонця.
2. Дати визначення 7 елементам орбіт планет (всхідний та спадний вузли, кут нахилу орбіти, перигелій, афелій, період обертання, ексцентриситет).
3. Що таке збурення і який характер збуреного руху планети?
4. Задача двох тіл. Сформулювати і дати тлумачення.
5. Фізико-астрономічні зв'язки при вивченні теми: "Небесна механіка в ЗОШ".

Завдання для самостійної роботи

1. Визначте середню та афелійну відстань Нептуна від Сонця, ексцентриситет його орбіти, якщо відомо, що сидеричний період обертання Нептуна $T=164,7$ року, а перигелійна віддаль - 29,81 а.о.
2. Ексцентриситет орбіти малої планети Унівінниця $e=0,300$, сидеричний період обертання $T=4,62$ року. Обчисліть максимальну і мінімальну віддалі малої планети Унівінниця від Сонця, а також відношення її лінійних швидкостей в перигелії та афелії.
3. Афелійна віддаль Марса від Сонця $a=1,66$ а.о., сидеричний період $T=1,88$ років. Знайти велику піввісь і ексцентриситет орбіти Марсу, та його середню колову швидкість і перигелійну та афелійну швидкості.
4. Третій супутник Юпітера Ганімед здійснює повний оберт навколо планети за 7,155 доби на середній відстані $1,071 \cdot 10^6$ км. Тривалість сидеричного місяця дорівнює 27,32 доби, а середня віддаль від Землі до Місяця $3,844 \cdot 10^5$ км. Користуючись третім законом Кеплера, обчислити масу Юпітера.
5. Елонгація Венери внаслідок еліптичності її орбіти змінюється від 43° до 48° . Знайти перигелійну та афелійну віддалі планети, а також синодичний і сидеричний періоди обертання планети навколо Сонця.
6. Сидеричний період Венери $T=225$ діб. Знайти тривалість сонячної доби на Венері, коли вона робить один оберт навколо власної осі у зворотному до орбітального руху напрямі за 243 доби.
7. З якою кутовою швидкістю пересувається Земля на небі Місяця?

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.

6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. — 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Ф ранківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №16

Тема роботи. Блиск і світність зір. Спектри і світність зір

Мета роботи. З'ясувати залежність між блиском зір і їх зоряними величинами. Навчитись користуватись рівняннями фотометрії, вимірювати фотометричні параметри окремих і кратних зір. Навчитись використовувати метод спектрального паралаксу для визначення віддалей до зір.

Вивчення класифікації зоряних спектрів, діаграми Герцшпрунга-Рассела, визначення фізичних характеристик зір за діаграмою «спектр-світність».

Обладнання, посібники і матеріали. Навчальний зоряний атлас, каталог зір, калькулятор. Астрономічний календар (постійна частина), спектрограми зір, діаграми Герцшпрунга-Рассела, діаграма маса-світність.

Завдання для теоретичної підготовки

1. Видимий блиск або освітленість, яку створюють зорі біля земної поверхні на нормальній до променів світла площині, виражають *зоряними величинами*. Шкала зоряних величин є логарифмічною і ґрунтується на психофізіологічному законі Вебера-Фехнера, за яким коли подразнення змінюються в геометричній прогресії, то відчуття, які їм відповідають - змінюються в арифметичній прогресії. Роль подразника тут відіграє блиск зорі, а роль відчуття - її зоряна величина.
2. Вважають, що інтервал шкали в 5 зоряних величин відповідає відношенню блисків, що рівне 100, тому знаменник геометричної прогресії, утвореної величинами блиску рівний: $q = \sqrt[5]{100} = 2,512$.

Отже відношення блисків зір, які відрізняються зоряними величинами на одиницю, рівне 2,512. Інакше кажучи, зоря першої зоряної величини яскравіша за зорю другої зоряної величини в 2,512 рази. Звідси записуємо такі математичні співвідношення:

$$\frac{J_1}{J_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}, \quad (1)$$

тут m_1, m_2 - видимі зоряні величини першої і другої зорі.

J_1, J_2 - відповідні їм візуальні блиски.

Зоряна величина позначається m і записується так:

для Капелли - $+0^m,21$, Дубхе - $-1^m,95$, Сонця - $-26^m,8$, Місяця - $-12^m,6$ і т.д.

Прологарифмувавши (1) отримаємо:

$$Lg \frac{J_1}{J_2} = 0,4(m_2 - m_1) \quad (2)$$

Приклади:

а) у скільки разів блиск Веги більший за блиск Денеба, якщо їх зоряні величини відповідно дорівнюють $m_B = +0^m,14$ і $m_D = +1^m,33$.

Відповідь: в 3 рази (скористайтесь рівнянням 1).

б) зоряні величини компонентів потрійної зорі $m_1 = +3^m,25$; $m_2 = +4^m,7$ $m_3 = +2^m,85$.
Визначити зоряну величину потрійної зорі. Тут треба додавати блиск

компонентів, а не їх зоряні величини і за сумарним блиском знаходити сумарну зоряну величину потрійної зорі.

Відповідь: $m=+2^m,17$.

3. Блиск, який ми спостерігаємо, зумовлений не тільки інтенсивностями випромінювання зір, а й віддалями до них. Видима зоряна величина, яку б мала зоря, яка розташована на віддалі 10 пс від спостерігача, називається *абсолютною зоряною величиною* і позначається буквою M . Хай m і J_m - видима зоряна величина і блиск світила на віддалі R (в пс), а M і J_M - абсолютна зоряна величина і блиск світила на віддалі 10 пс. Тоді згідно законів фотометрії і формули Погсона

$$\frac{J_m}{J_M} = 2,512^{M-m}, \quad (3)$$

Так як $J = \frac{K}{r^2}$, при нормальному падінні світла, то

$$\frac{J_m}{J_M} = \frac{10^2}{R^2}, \quad (4)$$

де K - сила світла, а J - блиск (освітленість). З рівнянь (3) і (4) отримаємо:

$$2,512^{M-m} = \frac{10^2}{R^2},$$

або

$$M = m + 5 - 51gR. \quad (5)$$

Але $R = \frac{l}{\pi}$ (віддаль рівна оберненій до паралаксу зорі π величині) тому

$$M = m + 5 + 51g\pi.$$

Таким чином, знаючи паралакс і зоряну величину зорі, можна знайти віддаль до неї.

4. Обчислити абсолютну зоряну величину Спіки (α Діви), паралакс якої $\pi = 0'' ,017$, а $m = 1^m,21$; $M = 1,21 + 5 + 51g0,017 = -2,64^m$. Тобто, це дуже яскрава зоря.

Важливою характеристикою світила є його *світність* L , під якою розуміють потік енергії, що випромінюється зорею у всіх напрямках. Як правило, вона вимірюється в одиницях світності Сонця L_o .

Приклад: абсолютна зоряна величина Сонця $M_o = +4^m,8$. Знайдемо світність Спіки, якщо її абсолютна зоряна величина $M = -2^m,64$.

Між світностями і абсолютними зоряними величинами виконується таке ж співвідношення, що і між J і m . Тому можна записати

$$\lg \frac{L}{L_o} = 0,4(M_o - M)$$

Звідси

$$L = L_o \cdot 10^{0,4(M_o - M)}.$$

Підставивши значення, отримаємо

$$L = L_o \cdot 10^{0,4(4,8 - (-2,64))} = L_o \cdot 10^{2,976} \approx 1000L_o$$

Отже Спіка яскравіша за Сонце в 1000 разів!

5. Гарвардська класифікація зоряних спектрів.

6. Діаграма Герцшпрунга-Рассела.

Контрольні запитання

1. Що таке блиск зорі?
2. На якому законі ґрунтується будова шкали зоряних величин?
3. Назвати і порівняти числові значення одиниць вимірювання віддалей в астрономії.
4. Дати означення абсолютної зоряної величини світила.
5. Як абсолютна зоряна величина зв'язана з видимою зоряною величиною і паралаксом зорі?
6. Що таке річний паралакс і аберація?
7. Що ми розуміємо під світністю та яскравістю зорі?
8. Дати визначення закону Вебера-Фехнера, так як він використовується в астрономії.
9. Розкрити зв'язок між яскравістю зорі, освітленістю та її кутовими розмірами.

Завдання для самостійної роботи

1. Нижче наведені паралакси, видимі і абсолютні зоряні величини чотирьох зір:

Альтаір	$m=+0^m,89$	$M=+2^m,45$	$\Pi=0,205''$
Вега	$+0^m,14$	$+0^m,55$	$0'',121$
Канопус	$-0^m,86$	$-5^m,13$	$0'',014$
Фомальгау	$+1^m,29$	$+2^m,10$	$0'',145$
Т			

Визначте, які з цих зір знаходяться від нас далі, ніж Вега, і яка зоря найближча до нас.

Із порівняння видимої і абсолютної зоряної величин кожної зорі встановіть, до якої з них віддаль більша або менша за 10 пс. Які зорі мають найпотужніше і найслабше випромінювання в оптичному діапазоні спектра?

2. Обчисліть у скільки разів блиск Сонця ($m_0 = -26^m,8$) перевищує блиск зорі другої ($m=+2^m,0$) і п'ятої ($m=+5^m,0$) видимих зоряних величин.
3. Визначте видиму зоряну величину Сонця при спостереженнях його з планет Юпітера і Плутона. Віддалі від Сонця до планет вважати відповідно рівними 5,2 а.о. та 40 а.о.
4. Перший компонент потрійної зорі має видиму величину $m_1=+3^m,77$, другий слабший від першого в два рази; блиск третього менший за блиск другого в три рази. За цими даними визначте видиму зоряну величину потрійної зорі.
5. За абсолютною і видимою зоряними величинами зорі ($M= -5^m,6$, $m= +0^m,9$) обчисліть її паралакс і віддаль до неї.
6. Знайдіть світність кожної з трьох зір за такими даними:
 - 1) $M_1= +2^m,4$;
 - 2) $m_2=+0^m,86$, $R_2=230_{\text{св.років}}$;
 - 3) $m_3=+2^m,75$; $\pi = 0'',075$.
7. Обчисліть справжній діаметр і абсолютну зоряну величину кульового зоряного скупчення в Геркулесі, яке розташоване на віддалі 6900 пс, має блиск

$+5^m,7$, і видимий кутовий діаметр $10'$.

7. Класифікувати сфотографовані спектрографом запропоновані спектри зір.
8. Обчислити відстань, абсолютну візуальну й фотографічну зоряні величини запропонованих зір.
9. Визначити положення цих зір на діаграмі Герцшпрунга-Рассела, визначити, до яких класів світності вони відносяться.
10. Перейти до діаграми "спектр-маса", знайти значення маси, радіуса і густини зір.
11. Побудувати графік залежності між показником кольору і температурою зір, вказавши на тому ж графіку основні спектральні класи.
12. За отриманою у попередньому завданні залежністю визначити показник кольору і обчислити абсолютну, видиму й фотографічну зоряні величини запропонованої зорі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: "Гостинець", 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №17

Тема роботи. Визначення сонячної активності

Мета роботи. Вивчення фізичної природи Сонця, набути навичок телескопічних спостережень плям на Сонці.

Обладнання, посібники і матеріали. Телескоп, приставка для телескопу, метрична лінійка, спеціальні планшети.

Теоретичні відомості

Сонце - центральне тіло нашої планетної системи. Внаслідок еліптичності орбіти Землі видимий діаметр Сонця протягом року змінюється від 31'31,34" до 32'35,78". Лінійний радіус Сонця – 696 000 км. Середня віддаль до Сонця дорівнює

1 а.о. або 149 597 870 км \approx 150 000 000 км.

Грандіозні процеси, що відбуваються в надрах Сонця, зумовлюють наявність та зміну утворень і деталей на його видимій поверхні, тобто у фотосфері.

Сонячна активність характеризується відносним числом плям (числом Вольфа W)

$$W = k(10g + f), \quad (1)$$

де g- число груп плям (включаючи кожне окремо ізольоване пляма чи пору); f - число всіх плям (в тому числі і в групах); k - коефіцієнт пропорційності, який залежить від інструменту, методу спостереження і кваліфікації спостереження (як правило k=1).

Площу плям оцінюють у мільйонних долях (10^{-6}) площі сонячного диску по шкалі спеціальної планшети, яка накладається на фотографію Сонця чи його проекцію на екран. Площа групи плям є сума площ плям, які входять до неї.

$$S = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2)$$

де S_i - площа окремого плями (чи пори).

Контрольні запитання

1. Які цикли сонячної активності ви знаєте? В чому їх особливості?
2. Як впливає плямо утворююча діяльність Сонця на географічні процеси?
3. Протягом якого часу на 0,1% своєї маси "схудне" Сонце, витрачаючи на всі види випромінювань $4 \cdot 10^9$ кг своєї речовини за 1 секунду ?
4. Плями яких розмірів (в порівнянні з розмірами Землі) спостерігались на Сонці? В які роки?
5. Вкажіть роки наступного максимуму сонячної активності одного з циклів.

Завдання для самостійної роботи

1. Зробити малюнок, що зображає схематичний розріз Сонця від фотосфери до центру (вказуючи відповідні глибини, температуру і тиск).

2. Встановіть телескоп на штатив, прилаштувавши до окулярної частини телескопу сонячний екран з листом білого паперу. На листку повинно бути накреслено коло діаметром 10 см. Сумістіть чітке зображення диску Сонця з колом на екрані і замалюйте плями Сонця.

УВАГА! КАТЕГОРИЧНО ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ ДИВИТИСЬ НА СОНЦЕ В ОКУЛЯР БЕЗ СВІТЛОФІЛЬТРІВ: НЕБЕЗПЕЧНО ДЛЯ ОЧЕЙ!

3. Визначте напрям добової паралелі (W, E), відмічаючи через 2-3 хвилини положення чіткої плями (телескоп при цьому нерухомий).

4. Обчислити кутовий і лінійний масштаби фотографії Сонця й площу сонячного диска в км².

5. Визначити число Вольфа, а також кутовий і лінійний діаметр найбільшої і найменшої плями, порівнявши їхні розміри з діаметром Землі.

6. Визначити площу тих же двох плям і порівняйте їх з площею поверхні Землі і Місяця.

7. Виміряти висоту протуберанця, виразити її в радіусах Сонця і в км і обчислити швидкість речовини протуберанця в один з моментів його фотографування.

8. Визначте число Вольфа протягом певного проміжку часу, побудуйте графік, що характеризує зміну сонячної активності з часом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №18

Тема роботи. Фізична природа Місяця

Мета роботи. Ознайомитись з особливостями видимого руху Місяця на небі, вивчити його поверхню та структуру її окремих деталей за допомогою телескопічних спостережень і їх співставлення з відповідними зображеннями на місячній карті. Вивчення топографії Місяця й визначення розмірів місячних об'єктів.

Обладнання, посібники і матеріали. Астрономічний календар, телескоп, бінокль, глобус Місяця, мапа Місяця, фотографічна карта видимої півкулі Місяця; фотографія частини зворотної півкулі Місяця; списки місячних об'єктів; рельєфна фотографія повного Місяця ортогональна координатна сітка; фотографія ділянки місячної поверхні; Астрономічний календар - постійна частина.

Завдання для теоретичної підготовки

1. Прочитайте у сталій частині астрономічного календаря поради, щодо спостереження Місяця.
2. Уважно вивчіть мапу Місяця.
3. Запишіть порядок визначення координат Місяця.
4. Запишіть основні відомості про Місяць (віддаль до Землі, періоди обертання навколо Землі та своєї осі, діаметр, тощо).

Контрольні питання

1. Чим пояснити те, що Місяць повернутий до Землі одним боком?
2. Яка тривалість на Місяці зоряної та сонячної діб?
3. Назвіть основні фізичні характеристики Місяця.
4. Чи відбувається на Місяці зміна пір року? Якщо так, то чому і за який час?
5. Назвіть найбільші утворення на місячній поверхні.
6. Що таке лібрації Місяця? Внаслідок яких причин вони виникають?
7. Які фізичні умови на Місяці?

Теоретичні відомості

Визначення лінійних розмірів місячних утворень за чіткими фотографіями не є складним. Позначимо лінійний діаметр Місяця, виражений у км, через D_m , його кутовий діаметр — через D' і лінійний діаметр його фотографічного зображення в мм — через D . Тоді масштаби фотографічного знімка будуть

лінійний масштаб

$$\mu = \frac{D_m}{D} \quad (1)$$

і кутовий масштаб

$$\mu' = \frac{D'}{D} \quad (2)$$

Видимий кутовий діаметр Місяця змінюється залежно від його паралакса, і його значення на кожен день року приводяться в астрономічних календарях-щорічниках, але при наближеному розв'язуванні завдань можна прийняти $D' = 32'$.

Вимірявши у мм розміри d місячного об'єкта на фотографії з відомими масштабами, одержимо кутові d' і лінійні d_L його розміри:

$$d' = \mu'd \quad (3)$$

$$d_L = \mu d \quad (4)$$

Завдання для самостійного виконання

1. Запишіть основні відомості про Місяць на момент виконання роботи.
2. Проведіть спостереження за зміною фаз Місяця та визначте в якому сузір'ї перебуває Місяць на момент виконання роботи.
3. Визначте місця примісячення космічних апаратів Апполон-11, Апполон-17, Луна-21, Луна-24 за місячним глобусом.
4. Обчислити кутовий і лінійний масштаби фотографічної карти видимої півкулі Місяця й визначити кутові й лінійні розміри моря, довжину гірського хребта й діаметри двох кратерів:

№ варіанта	Море	Хребет	Кратери
1)	Дощів	Піреней	Коперник, Магін
2)	Ясності	Карпати	Птолемея, Шиккард
3)	Криз	Алтай	Альфонс, Шиллер
4)	Нектару	Альпи	Гіппарх, Клавій
5)	Спокою	Кавказ	Альбатегній, Тихо
6)	Родючості	Тавр	Снеллий, Лангрен
7)	Холоду	Аппеніни	Пурбах, Атлас
8)	Хмар	Кавказ	Теофіл, Гевелій

5. Зіставивши фотографію зворотної сторони Місяця з фотографічною картою її видимої півкулі, сформулювати попередній висновок про подібність і розходження топографії обох місячних півкуль.

Деякі основні дані про Місяць:

Віддаль від Місяця до Землі – найбільша – 406 700 км, найменша – 356 400 км, середня – $386\,401 \pm 1$ км.

Добовий паралакс Місяця – найбільший - $61'31",4$; найменший - $53'54",6$; середній - $57'2",6$.

Видимий кутовий діаметр Місяця – найбільший - $31'32''$; найменший - $29'20''$; середній - $31'26''$.

Видима зоряна величина в повномісяччя - $m = -12^m,71 \pm 0^m,06$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.– Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. – 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

Лабораторна робота №19

Тема роботи. Просторова карта сузір'я

Мета роботи. Зобразити просторове розташування зір сузір'я, позначаючи відповідно їх абсолютні зоряні величини і спектральні класи.

Обладнання, посібники і матеріали. Карта зоряного неба, атлас Михайлова, Астрономічний календар постійна частина.

Теоретичні відомості

Конфігурація сузір'їв виходить у результаті проекції зір на небесну сферу. У космічному просторі зорі розташовані на відстанях відмінних від звичного виду сузір'я. Щоб уявити собі дійсну картину розташування зір сузір'я в просторі, необхідно знати відстань до них. Цю відстань можна обчислити зі значення паралакса, що дається в зоряних каталогах.

Істинна яскравість зорі також залежить від відстані до неї і видимої зоряної величини. Спектральний клас зорі вказує на її температуру. Таким чином, використовуючи дані параметри (r , M , S_p) можна одержати справжню картину сузір'я.

На першому етапі роботи необхідно побудувати карту сузір'я в екваторіальних координатах (α , δ) і з видимою зоряною величиною (m). На аркуші формату А4 побудувати три осі під кутом 60° . Дві нижні з них - це осі α і δ а третя - r - відстань у світлових роках. На площині α і δ будується двомірний карта сузір'я, у чорно-білому варіанті позначень m .

На другому етапі кожну зорю "піднімають" паралельно осі r на відстань r і будують у кольорових позначеннях M .

Завдання для самостійного виконання

1. Вибрати сузір'я по карті зоряного неба в межах по δ - ($+40^\circ$ - -40°)
2. Скласти таблицю для зір і об'єктів до $4,5m$, використавши дані з каталогу Михайлова або Астрономічного календаря (постійна частина), де α і δ - екваторіальні координати, π - паралакс в секундах дуги, m - видима зоряна величина, S_p - спектральний клас.

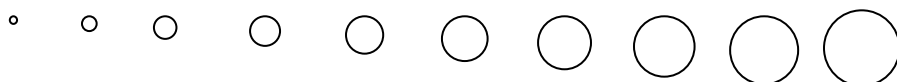
3. . Обчислити з даної таблиці

M - абсолютну зоряну величину, за формулою: $M = m + 5 + 5$

$Lg r$ і $r_{\text{св.г.}}$ - відстань до зорі у світлових роках, за формулою: $r_{\text{св.г.}} = 3,26/r$.

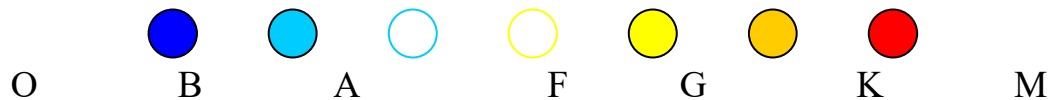
Записати отримані результати в таблицю.

4. Побудувати карту сузір'я в тривимірній системі координат (α , δ , r). Для позначення зоряних величин використати кола різного діаметра в міліметрах:



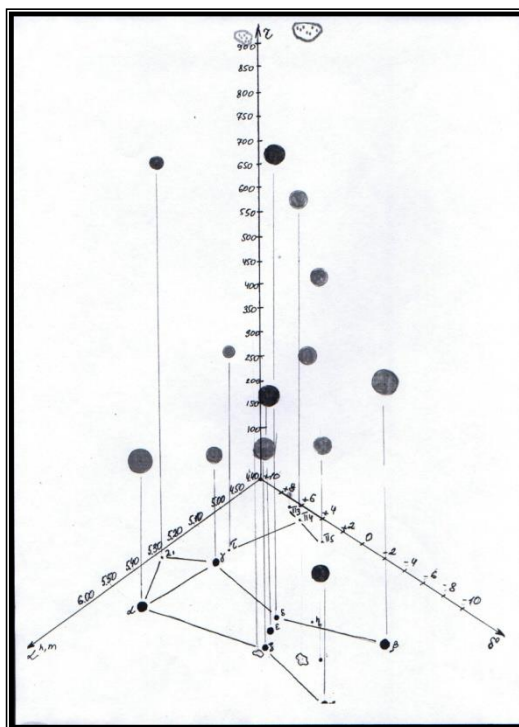
4^m - 3^m 3^m - 2^m 2^m - 1^m 1^m - 0^m 0^m - -1^m -1^m - -2^m -3^m - -4^m -4^m - -5^m -6^m - -7^m -7^m - -8^m

5. Для позначення кольору спектрального класу:



6. Знайти на отриманій просторовій карті:

- саму яскраву зорю;
- саму слабку зорю;
- найближчу зорю;
- саму далеку зорю;
- саму гарячу зорю;
- саму холодну зорю.



ЛІТЕРАТУРА

1. Мозговий О. В. Лабораторний практикум з астрономії / О. В. Мозговий, В. П. Думенко, О. В. Кузьминський. – Вінниця: ФОП Костюк Н.П., 2018. – 84 с

2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2006. — 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. —Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №20

Тема: ВИВЧЕННЯ ГАЛАКТИК

Мета роботи: Ознайомити студентів з класифікацією і методикою досліджень галактики.

Посібники і прилади: Фотографії галактик, фотографії спектрів галактик, „Астрономічний календар (постійна частина)”

1. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1. Вивчити:

а) Галактика (її об'єкти, положення та рух Сонця у Галактиці, обертання Галактики та її структура, підсистеми Галактики).

б) Класифікація галактик. Характеристика еліптичних, спіральних, неправильних і лінзоподібних галактик.

в) Червоне зміщення в спектрах галактик. Закон Хаббла.

г) Зоряні величини, абсолютні зоряні величини та світності галактик

2. Пояснити і вивести робочі формули.

3. Побудова дисперсійної кривої та її використання для визначення червоного зміщення у спектрі галактики.

Галактики є зоряними системами грандіозних масштабів, до складу яких входять десятки і сотні мільярдів зірок. З допомогою найпотужніших сучасних телескопів можна спостерігати мільйони галактик різноманітної форми і розмірів. Американський астроном Хаббл розробив досить просту класифікацію галактик за їх зовнішнім виглядом, згідно якої галактики поділяють на три основні типи:

1. Еліптичні галактики (E)

2. Спіральні галактики (S)

3. Неправильні галактики (Ir)

Еліптичні галактики за своїм зовнішнім виглядом нагадують еліпси або круги з поступовим зменшенням яскравості від центра до периферії. До складу еліптичних галактик входять червоні і жовті гіганти, червоні і жовті карлики, а також білі зорі не дуже високої світності.

Галактики цього типу відрізняються між собою лише, стиском, який оцінюється показником стиску:

$$\varepsilon = 10 \cdot \frac{a-b}{a}$$

де **a** – велика піввісь, **b** – мала піввісь еліптичної галактики.

Звичайно показник заокруглюється до цілого числа і тоді еліптична галактика позначається буквою “E” з цифрою за нею, що визначає ступінь

стиску (напр. E3, E4, E5, і т.д.). Для еліптичних галактик знайдена цікава особливість: у скупченні галактик вони являють собою величезні галактики, поза скупченнями - найменші галактики (карлики в світі галактик). До еліптичних галактик належить біля 25% усіх вивчених галактик.

Спіральні галактики є найбільш мальовничими об'єктами у Всесвіті. Вони є прикладом динамічності форми і структури, їх красиві спіральні рукави, що виходять з центрального ядра і розсіюються далеко за межами вражають різноманітністю форм і рисунків спіральних рукавів. Спіральні галактики є найбільш поширений тип галактик. Біля 50% усіх вивчених галактик становлять спіральні галактики. За характером розвитку спіральних рукавів і розмірами ядра Хаббл поділив спіральні галактики на такі підкласи.

1. Підклас S_a Спіральні рукави розвинуті слабо або тільки намічаються. Ядра великі, можуть займати біля половини видимого кутового діаметра самої галактики.

2. Підклас S_b Спіральні рукави помітно розвинуті, але не мають численних розгалужень. Ядра менші, ніж в галактик S_a . Прикладом такої галактики є туманність Андромеди.

3. Підклас S_c Спіральні рукави далеко відходять від невеликого за розмірами ядра. Вони нерівні, рвані, а іноді розпадаються на окремі яскраві згустки.

Спіральні галактики з перемичкою є особливими галактиками, в яких ядро знаходиться посередині своєрідної "перемички" і спіральні рукави починаються не з ядра, як у звичайних спіральних галактик, а з кінців перемички. Такі галактики позначаються буквами SB і поділяються в залежності від ступеня розвитку спіральних витків на три підкласи SB_a , SB_b , SB_c . Біля половини всіх спіральних галактик є галактиками з перемичкою.

Неправильні галактики характеризуються відсутністю будь-якої закономірності структурної будови. Вони не мають ні спіральних рукавів, ні еліптичних або близьких до них обрисів. Подібні галактики мають неправильну асиметричну форму. Позначаються ці галактики символом I_r . До цього типу галактик належить біля 5% галактик від загальної кількості всіх вивчених галактик.

Окрім згаданих типів існує ще один тип, який позначають SO. До нього належить біля 20% галактик. У галактик цього типу, на відміну від еліптичних галактик, яскравість від центра до периферії зменшується ступенями. У такій системі розрізняють ядро, "лінзу" і слабкий "ореол". Ці галактики отримали

назву лінзоподібних галактик. В зовнішніх частинах лінзи видно іноді зародки спіральних рукавів, перемички і зовнішнє світле кільце.

Схематичний вигляд галактик різних типів приведено на рис. 1 (класифікація Хаббла).

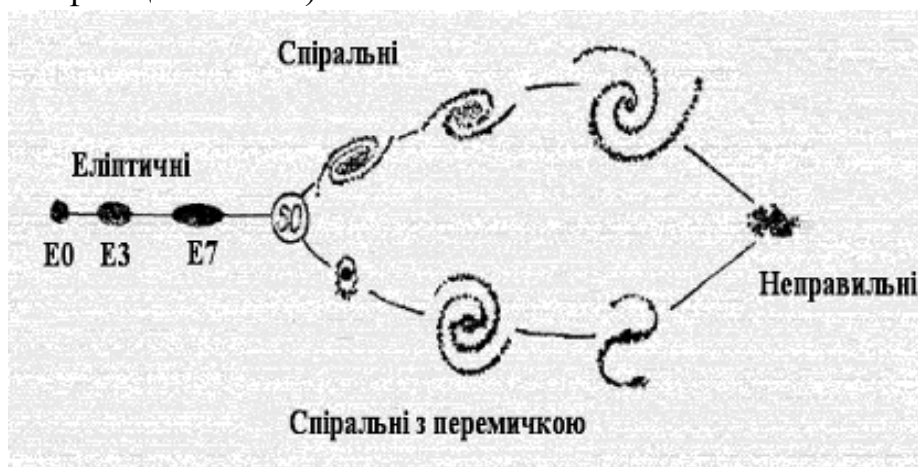


Рис. 1

У 1929 році Хаббл встановив, що лінії спектрів усіх галактик, за винятком декількох найближчих до нас, зміщені в сторону більш довгих хвиль і це зміщення (т.зв. "червоне зміщення") є тим більше, чим далше знаходиться галактика. Єдиним поясненням цього явища є ефект Доплера, який полягає у зменшенні частоти світла в результаті збільшення віддалі між джерелом світла і спостерігачем. У цьому випадку є справедливим закон Хаббла

$$v = H \cdot r \quad (1)$$

де v – швидкість віддалення галактики, r – віддаль до галактики в мегапарсеках, ($1 \text{ Мпс} = 10^6 \text{ пс}$, $1 \text{ пс} = 3,08 \cdot 10^{13} \text{ км}$), H – коефіцієнт пропорційності, який носить назву сталої Хаббла.

На даний час вважають: $H = 55 \frac{\text{км/с}}{\text{Мпс}}$

Як впливає із (1) галактики віддаляються від нас зі швидкостями, пропорційними їх віддалям. Якщо швидкість $v \ll c$, де c – швидкість світла, тоді є справедливою проста формула

$$v = c \frac{\Delta \lambda}{\lambda_1} \quad (2)$$

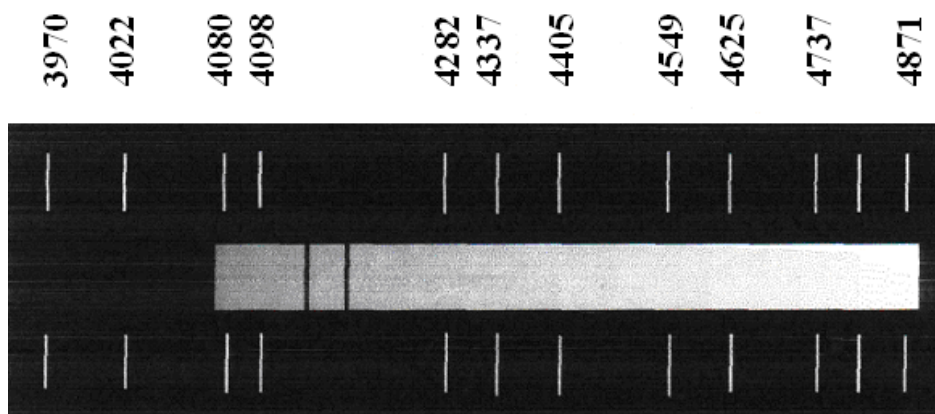
v – швидкість, з якою віддаляється галактика (променева швидкість);

λ_1 – довжина хвилі спектральної лінії від нерухомого джерела світла;

$$\Delta \lambda = \lambda'_1 - \lambda_1$$

де λ'_1 – довжина хвилі цієї ж лінії в спектрі галактики. Для визначення довжини хвилі λ'_1 необхідно зняти спектр випромінювання галактики на фоні спектра випромінювання нерухомого джерела світла. На рисунку 2 зображено спектр галактики (зокрема, лінії H і K, що випромінюються іонами Ca^+ , які

знаходяться в галактиці) і спектр порівняння, тобто спектр випромінювання нерухомого лабораторного джерела світла.



Спектр порівняння – лінії заліза

Рис.2

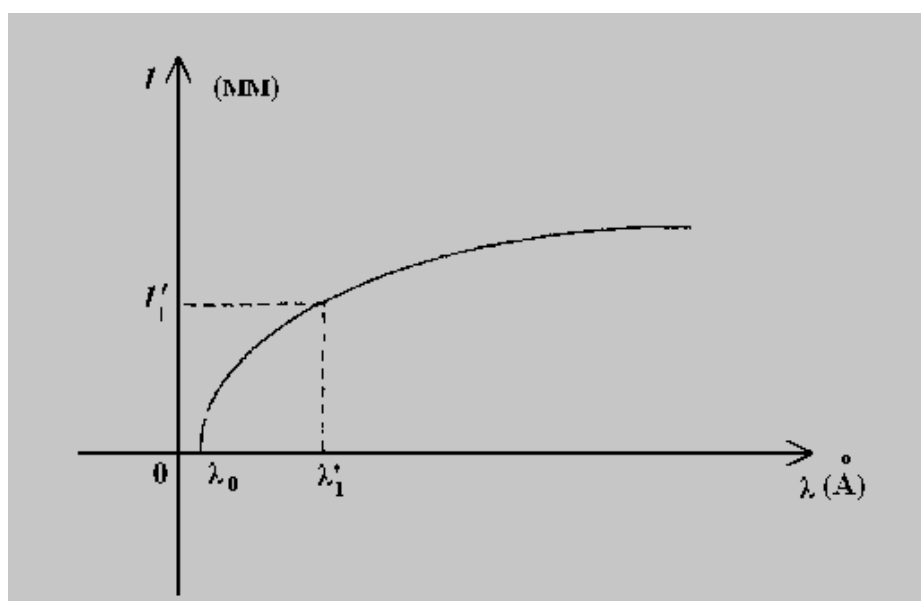


Рис.3

Довжини хвиль, що відповідають лініям в спектрі порівняння вимірюються в ангстремах (\AA). За відомими довжинами хвиль у спектрі порівняння та взаємним розташуванням ліній, що відповідають цим довжинам хвиль, будують так звану дисперсійну криву. Для цього у спектрі порівняння лінію з найменшою довжиною хвилі приймають за початкову і вимірюють відстані від неї до всіх наступних ліній спектра порівняння. Дані вимірювань заносять у табличку

l (мм)	0	l ₁	l ₂	...
$\lambda(\text{\AA})$	λ_0	λ_1	λ_2	...

на основі якої будують криву $l = f(\lambda)$. Вимірявши відстань l_1' від початкової лінії λ_0 до галактичної лінії, якій відповідає невідома довжина хвилі λ_1' , за дисперсійною кривою визначаємо λ_1' (див. рис. 3). Для забезпечення достатньої точності дисперсійна крива повинна будуватись на міліметровому папері у великому масштабі. Визначивши довжину хвилі в спектрі галактики λ_1' і взявши з довідника значення λ_1 , що відповідає довжині хвилі К лінії в лабораторному спектрі випромінювання іонів Ca^+ , знаходимо зміну $\Delta\lambda = \lambda_1' - \lambda_1$ і за формулою (2) розраховуємо променево швидкість галактики.

Аналогічно за зміщенням другої спектральної лінії (H лінії іонізованого кальцію) знаходимо ще одне значення променевої швидкості віддалення галактики. Знайшовши середнє значення променевої швидкості розраховуємо віддаль до галактики, виходячи із закону Хаббла:

$$r = \frac{g}{H} (\tilde{v} \tilde{n})$$

Абсолютна зоряна величина галактики визначається на основі фундаментальної формули зоряної астрономії.

$$M = m + 5 - 5 \lg r \quad (3)$$

Тут r – віддаль до галактики в парсеках; m – фотографічна (m_{ph}) або візуальна (m_{pv}) зоряна величина галактики. Світність галактики визначається за формулою

$$\lg(L/L_{\odot}) = 0,4(M_{\odot} - M) \quad (4)$$

або

$$L = 10^{0,4(M_{\odot} - M)} L_{\odot}$$

Знаючи віддаль до галактики r і її кутові розміри a (вимірюються на фотознімкові галактики), знаходимо її лінійні розміри

$$d = r \frac{d'}{3438} \quad (5)$$

де d' – кутові розміри галактики у хвилинах дуги, $3438'$ – число хвилин у радіані.

При швидкостях співмірних зі швидкістю світла формула (2) буде невірною. У цьому випадку слід користуватися точною релятивістською формулою

$$g = 3 \cdot 10^5 \frac{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\right)^2 - 1}{\left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} + 1\right)^2 + 1}$$

2. РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ

1. Визначити тип галактики і описати її особливості. Користуючись каталогом галактик або астрономічним календарем "Постійна частина" встановити, в якому сузір'ї знаходиться галактика.

2. За Червоним зміщенням спектральних ліній $H(\lambda_2 = 3968,5 \text{ \AA})$ і $K(\lambda_1 = 3933,7 \text{ \AA})$ іонізованого кальцію визначити променеву швидкість і віддаль до галактики.

3. Визначити абсолютні фотографічні і візуальні зоряні величини галактики, а також її фотографічні і візуальні світності.

4. Виміряти кутовий діаметр галактики і обчислити її лінійні розміри в парсеках.

5. Визначити променеву швидкість і віддаль до галактики з урахуванням релятивістського ефекту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії: Навчальний посібник. — Одеса: Астропринт, 2007. — 480 с.
2. Боярченко І. Ф., Гулак Ю. К., Раздемаха Г. С., Сандакова Е. В. Астрономія. К., 1976.
3. Бакулин П. И., Кононович Е. В., Мороз В. И. Курс общей астрономии. М., 1983.
4. Чепрасов В.Г. Практикум з курсу загальної астрономії. К., 1976.
5. Цесевич В. П. Что и как наблюдать на небе. М., 1984.
6. Климишин І. А. Історія астрономії. 2-ге, виправлене видання.— Івано-Франківськ: "Гостинець", 2006. — 652 с.
7. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с
8. Андрієвський С. М., Кузьменков С. Г., Захожай В. А., Климишин І. А. Загальна астрономія: підручник — Харків : ПромАрт, 2019. — 524 с.
9. Климишин І. А. Астрономія наших днів. М. "Наука", 1986.
10. Г.А.Агемян. Звезды, галактики, метagalactika. 1986.
11. «Физика космоса», Маленькая энциклопедия, 1976.