

## **Лабораторні роботи з курсу «Практична астрономія»**

20 год. лаб., 6 семестр, екзамен (на вибір)

Лабораторна робота №1 (3 год.) Системи небесних координат

Лабораторна робота №2 (3 год.) Робота з рухомою картою зоряного неба

Лабораторна робота №3 (3 год.) Підготовка до польових спостережень.

Визначення погодних умов і світлового забруднення

Лабораторна робота №4 (4 год.) Візуальні спостереження зоряного неба.

Візуальна оцінка кутової відстані між об'єктами

Лабораторна робота № 5 (3 год.) Будова і основні характеристики телескопів

Лабораторна робота №6 (4 год.) Спостереження в телескопи та визначення їх характеристик

## Лабораторна робота №1

### Системи небесних координат

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

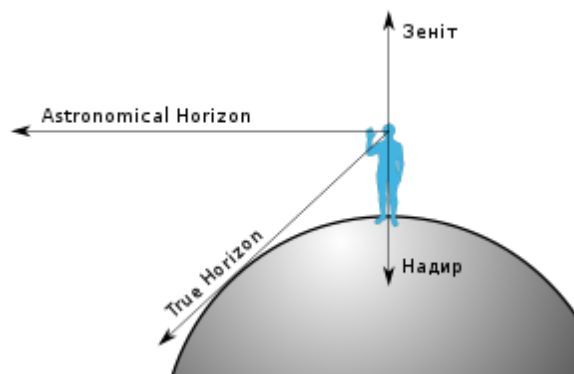
**Обладнання:** глобус-модель «Зоряне небо», вільне програмне забезпечення «Stellarium»

#### 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  $360^\circ$ , висоту — від  $0$  до  $+90^\circ$  (над горизонтом до зеніту) і від  $0$  до  $-90^\circ$  (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.

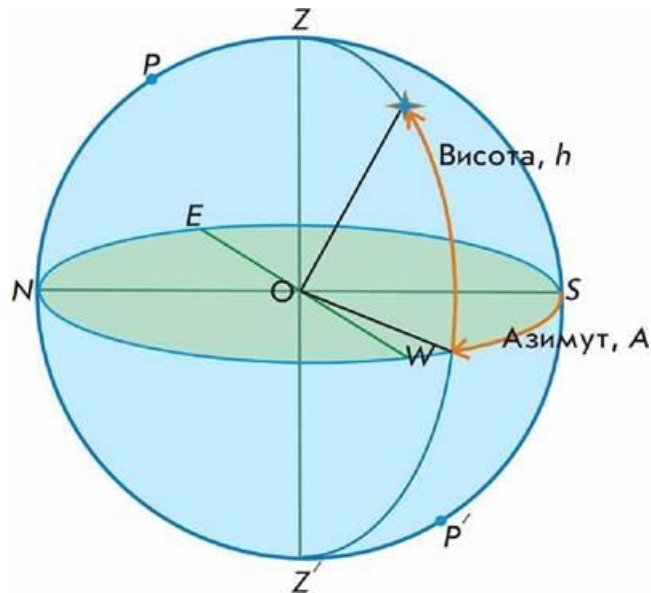


Рис. 2. Горизонтальна система координат

**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  $\delta$  (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  $\delta$  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  $\delta$  вимірюють від  $0^\circ$  (світило на небесному екваторі) до  $+90^\circ$  у північній півкулі небесної сфери і від  $0^\circ$  до  $-90^\circ$  у південній півкулі.

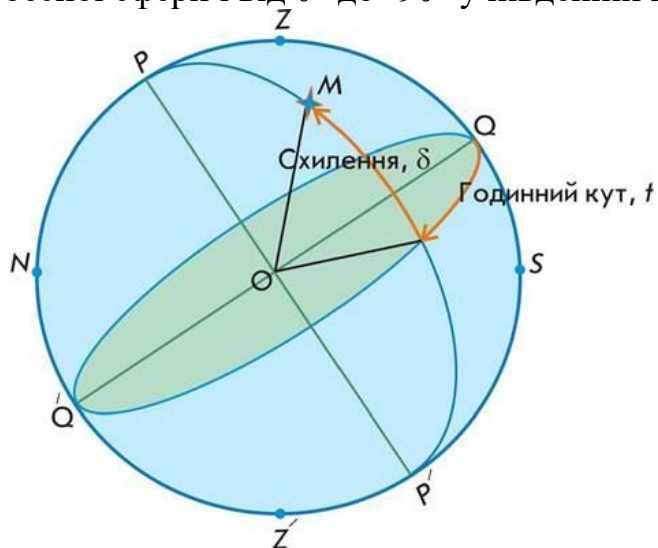


Рис. 3. Перша екваторіальна система координат.

У цій системі одна з координат — схилення світила  $\delta$  — 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  $\delta$  (рис. 4). Точкою відліку однієї з координат є точка весняного рівнодення  $\Upsilon$ , 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  $\delta$  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  $\delta$  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.

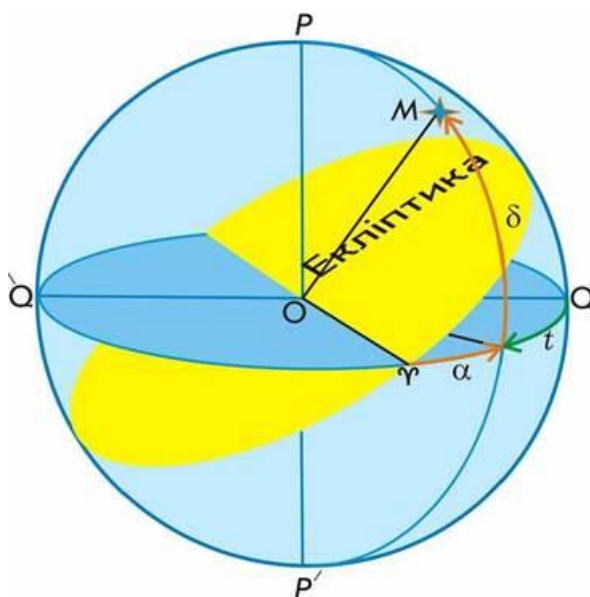


Рис. 4. Друга екваторіальна система координат.

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**	$\alpha_{\text{оціночно}}^*$	$\delta_{\text{оціночно}}^*$	$\alpha^{**}$	$\delta^{**}$	$t^{**}$	$h^{**}$	$z^*$	$A^*$	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 сходить ці планети цього дня? Яка їхня видима зоряна величина?

8. Для шести об'єктів каталогу Мессьє, з допомогою програмного забезпечення «Stellarium» визначених за формулою  $N+25 \cdot i$ , де  $N$  – номер вашого варіанту,  $i =$

0...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

### 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  $\alpha$ , 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  $360^\circ$ ), 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., Раздємаха 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 №3

### Підготовка до польових спостережень. Визначення погодних умов і світлового забруднення

**Мета роботи:** засвоєння методів визначення погодних умов і світлового забруднення для планування польових астрономічних спостережень.

**Обладнання:** програмне забезпечення «Clear Outside»

#### Теоретичні відомості

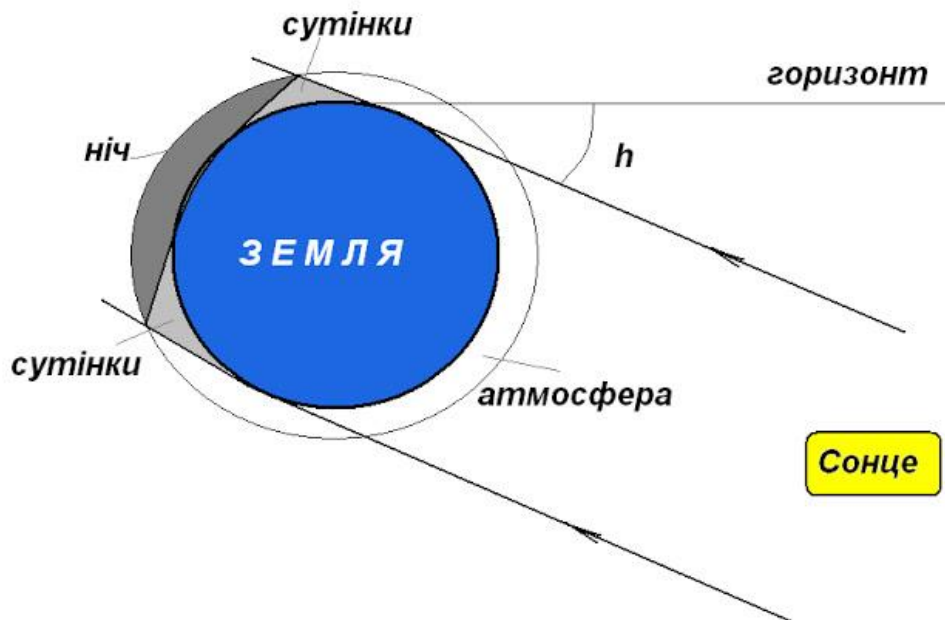
Шкала Бортля (англ. Bortle scale) являє собою дев'ятирівневу шкалу, яка вимірює яскравість нічного неба в певному місці. Джон Е. Бортль створив шкалу і опублікував її в журналі *Sky&Telescope* в лютому 2001 року, щоб, по-перше, допомогти астрономам-любителям оцінити світлове забруднення місця спостереження, а по-друге, порівняти світлове забруднення різних місцевостей. Шкала побудована від Класу 1, найтемнішого неба, до Класу 9 – міська засвітка. Слід розуміти, що шкала була створена любителем для любителів і вимагати багато від неї не можна.



Рис. 1. Ілюстрація шкали Бортля

NELM (naked-eye limiting magnitude) – передбачувана максимальна видима зоряна величина об'єкта, який ще можна побачити неозброєним оком.

SQM (sky quality meter) – величина, виміряна інструментом для визначення світлового забруднення. Представляє собою зоряну величину фону (неба) з квадратної секунди.



*Рис. 2. Пояснення поняття сутінок*

Проміжок часу між заходом Сонця і настанням повної темноти називають вечірніми сутінками. Проміжок часу з моменту, коли небо на сході починає світліти і до сходу світила називають ранковими сутінками.

Розрізняють

- цивільні,
- навігаційні,
- астрономічні сутінки.

Цивільні сутінки тривають протягом часу, коли висота Сонця знаходиться в діапазоні від  $0^\circ$  до  $-6^\circ$ . В кінці цивільних сутінок вмикають освітлення, а на небі з'являються найяскравіші зірки.

Навігаційні сутінки тривають протягом часу, коли висота Сонця знаходиться в межах від  $-6^\circ$  до  $-12^\circ$ . В цей час на небі видно достатню кількість зірок, щоб легко впізнавати сузір'я, тобто здійснювати орієнтацію за допомогою зірок – навігацію.

Астрономічні сутінки – це та частина доби, коли висота Сонця знаходиться в межах від  $-12^\circ$  до  $-18^\circ$ . В кінці астрономічних сутінок на небі зникають останні сліди вечірньої заграви і настає можливість побачити найслабші ( $6^m$ ) зірочки.

Влітку, на достатньо великих широтах, Сонце може не опускатись нижче  $-6^\circ$ , а вечірні цивільні сутінки плавно переходять в ранкові. Це явище називають суцільними цивільними сутінками. По-іншому це явище називають білі ночі.

**Хід роботи**

1. У вкладці Locations додайте три місця розташування: один з обласних центрів України, один з районних центрів західної України, село чи селище Івано-Франківської області.

2. Для вибраних населених пунктів заповніть таблицю:

№	Назва населеного пункту	Значення SQM для вибраного населеного пункту	Клас за шкалою Бортля	Короткий опис класу	NELM	SQM для класу	Характеристики неба з світловим забрудненням даного класу
1							
2							
3							

3. На основі SQM порахувати значення зоряної величини фону (неба) з квадратного градусу і сумарну величину всього світлового фону неба для трьох вибраних населених пунктів.

4. На основі значення SQM для вибраних населених пунктів оцініть NELM для цього пункту.

5. Визначте час сходу, заходу Сонця і Місяця в даний день. Визначте тривалість астрономічних і цивільних сутінок.

7. Визначте час проходження по небі Міжнародної космічної станції в даний день. Яка буде її видима зоряна величина?

8. Виберіть оптимальний час для польового астрономічного спостереження. Рішення обґрунтуйте.

### Контрольні запитання

- 1) Що таке шкала Бортля?
- 2) Що таке NELM?
- 3) Що таке SQM?
- 4) Як визначити оптимальний час для польових астрономічних спостережень з допомогою програмного забезпечення «Clear Outside»?
- 5) Як визначити клас по шкалі Бортля і SQM для даного місця з допомогою програмного забезпечення «Clear Outside»?
- 6) Які бувають сутінки? Охарактеризуйте їх.
- 7) Поясніть явище білих ночей.

## Використані джерела

1. Курс загальної астрономії: навч. посіб. / С. М. Андрієвський, І. А. Климишин; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, Прикарпат. нац. ун-т ім. В. Стефаника. — О.: Астропринт, 2007. — 480 с
2. Дагаев М. М. , Демин В. Г. , Климишин И, Чаругин В.М. Астрономия. М., 1983.
3. Bortle, John E. Gauging Light Pollution: The Bortle Dark-Sky Scale. Sky & Telescope. Sky Publishing Corporation (18.06.2006).

## Лабораторна робота №4

### Візуальні спостереження зоряного неба. Візуальна оцінка кутової відстані між об'єктами

**Мета роботи:** засвоїти на практиці знання про основні лінії і точки небесної сфери, навчитися розпізнавати сузір'я на небі, здобути навички візуальної оцінки кутової відстані між об'єктами

**Обладнання:** рухома карта зоряного неба

#### Теоретичні відомості

Умовно небо можна представити у вигляді сфери, на яку спроектовані зображення космічних об'єктів, а спостерігач завжди знаходиться в її центрі. У зв'язку з цим вимірювання на небі цілком розумно виражати в градусній мірі. Тому якщо у нас є дві точки на небі, то відстань між ними буде представляти із себе кут, утворений прямими, проведеними з цих точок в очі спостерігача.

Тільки два світила - Сонце і Місяць - ми бачимо як диски. Кутові діаметри цих дисків майже однакові - близько  $30'$  або  $0.5^\circ$ . Кутові розміри планет і зірок значно менше, тому ми їх бачимо просто як точкові світила. Для неозброєного ока об'єкт не виглядає точкою в тому випадку, якщо його кутові розміри перевищують  $2 - 3'$ . Це означає, зокрема, що наше око розрізняє кожну зірку окремо в тому випадку, якщо кутова відстань між ними більше цієї величини.

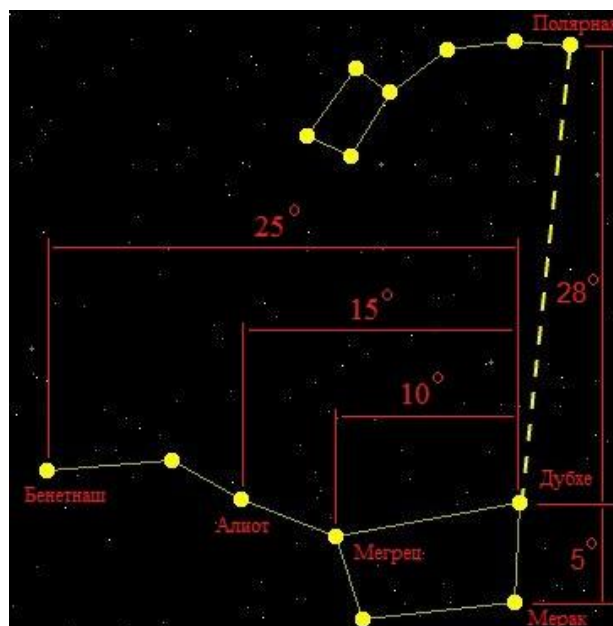


Рис. 1. Відстані між деякими зірками в сузір'ях Великої і Малої Ведмедиць

При відсутності інструментів оцінку кутових відстаней між світилами можна проводити, порівнюючи відстань між ними з відомими відстанями на небесній сфері (рис. 1) або з допомогою руки. При цьому середні значення, представлені на рисунку 2, варто відкалібрувати на основі вже відомих відстаней. Варто зазначити, що оскільки кути, які вимірюють, є достатньо малими (значно менші за 1 радіан), то  $\text{tg } \alpha \approx \alpha$  (рад), тобто  $l \propto \alpha$  (рис. 3).

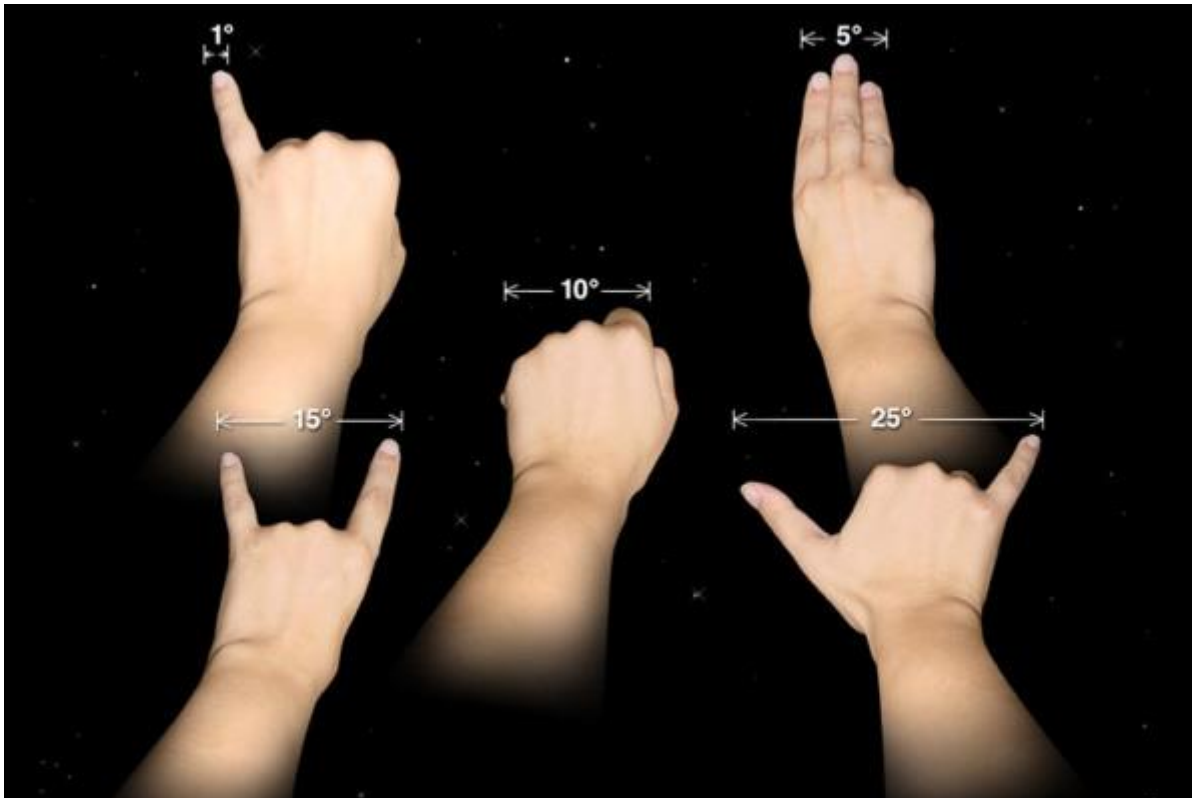


Рис. 2. Оцінка кутової відстані між небесними об'єктами з допомогою руки



Рис. 3. Залежність кута від видимої довжини

### Хід роботи

- 1) Вкажіть сузір'я, які чітко можна ідентифікувати на момент спостереження. Зарисуйте п'ять таких сузір'їв.
- 2) Визначте напрямок на зеніт і надир. Визначте сузір'я в зеніті. Порівняйте результати спостережень з даними, отриманими за допомогою рухомої карти зоряного неба.
- 3) Знайдіть полярну зорю. Визначте меридіан. Вкажіть, які сузір'я спостерігаються у верхній чи нижній кульмінації. Порівняйте результати

спостережень з даними, отриманими за допомогою рухомої карти зоряного неба.

4) Визначте екватор і екліптику. Вкажіть, через які видимі сузір'я проходять ці великі кола небесної сфери. Порівняйте результати спостережень з даними, отриманими за допомогою рухомої карти зоряного неба.

5) Проведіть оцінку 10 кутових відстаней між світилами. Дані представте в табличному вигляді.

### **Контрольні запитання**

- 1) Опишіть зручний для вас порядок визначення сузір'їв на небі.
- 2) Опишіть знаходження небесного меридіана на небі.
- 3) Опишіть знаходження небесного екватора на небі.
- 4) Опишіть знаходження екліптики на небі.
- 5) Що таке кутова відстань?
- 6) Як проводити оцінку кутових відстаней з допомогою стандартних відстаней?
- 7) Як проводити оцінку кутових відстаней з допомогою рук?

### **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. Климишин І. А. Календар і хронологія. - 5-е видання, доповнене. Івано-Франківськ, Гостинець, в-во Івано-Франківської Теологічної Академії, 2002. - 232 с



## Лабораторна робота № 5

**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:  $40^{\times}$ ,  $70^{\times}$ ... 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.

2. Опануйте прийоми наведення телескопа на об'єкт. Виробіть тренувальними вправами уміння утримувати чітке зображення світила в полі зору телескопа засобами керування.
3. Визначте характеристики кожного телескопа.
4. 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 <sub>1</sub>			
Збільшення телескопа N <sub>1</sub>			

### 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 №6

### Спостереження в телескопи та визначення їх характеристик

**Мета роботи:** вивчення характеристик невеликих телескопів і набуття навичок робіт 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  $m= 2.1^m + 5 \lg D$  (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

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

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  $\delta$ , 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  $\chi$  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., 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.