

## Небесна сфера.

Під час спостережень за зорями нам здається, що всі небесні світила розташовані на однаковій відстані, ніби світять на поверхні велетенської сфери, в центрі якої знаходиться спостерігач. Нині відомо, що зорі та планети перебувають на різних відстанях від Землі, а наша планета знаходиться у центрі Всесвіту, тому таку небесну сферу вважають допоміжною при визначенні сферичних координат світил. На таку допоміжну сферу проєктуються зображення зір та планет, і ми можемо виміряти тільки кути між напрямками на ці світила. При цьому центр небесної сфери може знаходитися у будь-якій точці простору, залежно від цього розрізняють топоцентричні (в місці на поверхні Землі, де знаходиться спостерігач), геоцентричні чи геліоцентричні координати.

**Небесна сфера — це уявна сфера довільного радіуса, в центрі якої знаходиться спостерігач і на яку спроектовано всі світила так, як він бачить їх у певний момент часу з певної точки простору.**

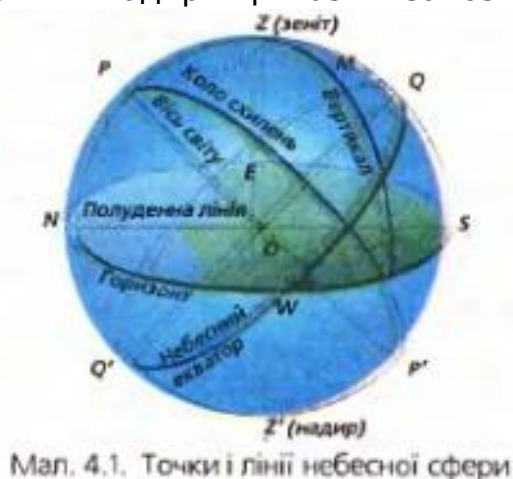


Небесну сферу можна уявити у вигляді велетенського глобуса (довільного радіуса), схожого на глобус Землі, але розглядається він зсередини (мал. 3.1).

Центр небесної сфери збігається з оком кожного окремого спостерігача. Як і на земному глобусі, на небесній сфері можна намалювати уявні лінії і певні точки, що дає змогу ввести систему небесних координат.

## Основні точки та лінії небесної сфери.

Основні точки і лінії небесної сфери. Визначення основних точок і ліній небесної сфери починають з найпростішого - з установлення вертикального напрямку за допомогою виска. Прямовисна лінія (лінія виска) перетинається з небесною сферою в двох точках, які називаються зеніт і надир. Ці назви запозичене в арабських спостерігачів: зеніт - «вершина», надир - «напрямок ноги»; їх позначають відповідно літерами  $Z$  і  $Z'$  (мал. 4.1).



Зеніт — це верхня точка перетину прямовисної лінії з небесною сферою. надир — нижня точка (протилежна зеніту).

Велике коло, яке проходить через світило, точку зеніту і точку надиру, називається вертикальним колом або вертикалом.

Через центр небесної сфери перпендикулярно до прямовисної лінії

проведемо горизонтальну площину.

**Велике коло, по якому горизонтальна площина перетинається з небесною сферою, називається математичним або справжнім горизонтом.**

Справжній горизонт слід відрізняти від видимого горизонту, який на суші є неправильною лінією з точками, що лежать вище або нижче справжнього горизонту, а на морі завжди є колом, площина якого паралельна площині справжнього горизонту.

Небесна сфера обертається навколо лінії, яка називається віссю світу; точки перетину осі світу з небесною сферою називаються полюсами світу. Полюс, відносно якого небесна сфера обертається проти годинникової стрілки (для спостерігача, який перебуває у центрі сфери), називають Північним полюсом світу, протилежний йому - Південним полюсом світу.

У наш час Північний полюс світу перебуває поблизу зорі а Малої Ведмедиці, яку називають Полярною зорею.

Велике коло, площина якого перпендикулярна до осі світу, називають небесним екватором. Небесний екватор ділить небесну сферу на північну і південну півкулі.

З горизонтом небесний екватор перетинається у двох точках: у точці

сходу  $E$  і в точці заходу  $W$ . Велике коло, що проходить через полюси світу і зеніт, називають небесним меридіаном. Небесний меридіан перетинається з горизонтом у двох точках: у точці півночі  $N$  (вона ближча до Північного полюса світу) і в точці півдня  $S$  (вона ближча до Південного полюса світу).

Пряму лінію, що з'єднує точки півдня і півночі, називають полуденною лінією. Небесний меридіан ділить небесну сферу на дві півкулі - східну і західну. Велике коло, що проходить через полюси світу і через світило  $M$ , називають колом схилень.

Слідкуючи тим, як упродовж року приекваторіальні сузір'я одне за одним зміщуються на вечірньому небі до тієї ділянки горизонту, за яку зайшло Сонце, можна зробити висновок, що Сонце здійснює видимий річний рух назустріч обертанню небесної сфери.

Велике коло, по якому центр диска Сонця здійснює свій видимий річний рух на небесній сфері, називається екліптикою.

Слово «екліптика» походить від грецького «екліпто» - «затемнюю», бо як тільки Місяць у своєму русі навколо Землі перетне екліптику в повню, настає затемнення Місяця. Якщо він перетинає екліптику у фазі нового Місяця, відбувається затемнення Сонця.

### **Небесні координати**

Екваторіальна система небесних координат. Основними площинами в цій системі координат є площини небесного меридіана та небесного екватора. Для визначення екваторіальних небесних координат світила  $S$  проводять коло схилення через полюси світу  $P_1$  і  $P_2$ , яке перетинає небесний екватор в точці  $M$  (рис. 2.7). Перша координата  $\alpha$  має назву пряме сходження (пряме піднесення) і відлічується по дузі небесного екватора від точки весняного рівнодення  $\gamma$  проти ходу годинникової

стрілки, якщо дивитися з Північного полюса, та вимірюється годинами. Друга координата — схилення  $\delta$  визначається

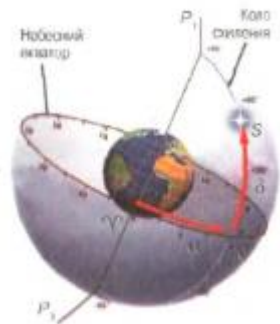


Рис. 2.7. Екваторіальна система небесних координат

дугою кола схилень MS від екватора до даного світила і вимірюється градусами. На північ від екватора схилення додатне, на південь — від'ємне.

Межі визначення екваторіальних координат такі:

$$0 \text{ год} < \alpha \leq 24$$

год;  $-90 \leq \delta \leq +90$ .

Карта зоряного неба у формі прямокутника є певною проекцією небесної сфери на площину, на якій позначені екваторіальні координати  $\alpha$ ,  $\delta$  (рис. 2.8). Ці координати не залежать від місця спостереження на Землі і майже не змінюються протягом року, — тому картою зоряного неба можна користуватись у будь-якій країні. Правда, через тисячі років екваторіальні координати зір можуть суттєво змінитися, бо змінюється з часом положення небесного екватора та полюсів світу, та і самі зорі обертаються навколо центра Галактики



## Сузір'я

Перше враження від спостереження зоряного неба це незліченність зір і хаотичність їхнього розташування на небосхилі. Насправді ж зір, які можна побачити неозброєним оком, на небі Землі близько 6 000.

Видиме розташування зір на небі змінюється надзвичайно повільно. Без точних вимірів помітити його впродовж сотень і навіть тисяч років неможливо. Ця обставина дозволила за незапам'ятних часів намалювати по найяскравіших зорях перші характерні «зоряні візерунки» - сузір'я.

Більшість їхніх назв, які використовуються й сьогодні - це спадок давніх греків. Так, у творі «Альмагест» Птолемея перелічено 48

сузір'їв. Нові сузір'я з'явилися на небі після перших подорожей у південну півкулю Землі під час великих географічних мандрівок XVII ст., а також після винайдення телескопа.

На початку XX ст. налічувалося 108 сузір'їв. Але на конгресі міжнародного Астрономічного Союзу 1922 р. їхню кількість було зменшено до 88. Тоді ж було встановлено також нові межі сузір'їв, що існують досі.

**Сузір'я - це певна ділянка зоряного неба з чітко окресленими межами, що охоплює всі належні їй світила і яка має власну назву.**

У деяких сузір'ях виділяють менші групи зір, наприклад Плеяди та Гіади в сузір'ї Тельця, Ківш у сузір'ї Великої Ведмедиці тощо.

Поряд із загальноприйнятими в астрономії назвами для окремих сузір'їв вживають і народні назви. Так, в Україні Велика Ведмедиця - це «Великий Віз», Мала Ведмедиця - «Малий Віз», Кассіопея -

«Борона» чи «Пасіка», Дельфін - «Криниця», Пояс Оріона - «Косарі», Орел - «Дівчина з відрами», зоряне скупчення Гіади що утворюють голову Тельця, - «Чепіги», а зоряне скупчення Плеяди - «Стожари».

**Позначення і назви зір.** Астрономи минулого задовольнялися тим, що визначали положення окремих зір на малюнку істоти, яку вони «бачили» у візерунку тієї чи іншої їхньої групи (наприклад, зоря Серце Скорпіона).

Згодом найяскравіші зорі отримали власні назви (їх налічується 275). Із них лише 15 % - грецькі назви і 5 % - латинські, а 80 % - це арабські назви. Перекладаючи трактати арабських астрономів, європейські вчені, очевидно, спеціально залишали їх для використання. Наприклад, в арабських списках зорі сузір'я Лебідь названі прийнятим у ті часи способом: Денеб - «Яскрава на хвості», Садр - «Груди». Так вони називаються і зараз. Назва найближчої до нас зорі Проксима перекладається з грецької як «найближча».

Майже 500 років тому зорі в кожному сузір'ї було позначено літерами грецького алфавіту  $\alpha$  (альфа),  $\beta$  (бета),  $\gamma$  (гамма) і т. д. в міру зменшення їхньої яскравості. Щоправда, в окремих випадках порядок позначень «переплутаний», і подекуди переставлені літери для слабкіших і яскравіших зір. Наприклад, у сузір'ї Близнят найяскравіша зоря Поллукс позначена літерою  $\beta$ , тоді як слабкіша - Кастор - літерою  $\alpha$ .

Для зір, яскравість яких змінюється з часом, запроваджені позначення літерами латинського алфавіту: R, S ... Z, далі RR, AZ. Якщо в сузір'ї змінних зір більше, ніж 334 (стільки комбінацій можна утворити з однієї і двох літер), то такі змінні зорі позначають так: V335, 336... (наприклад, V335 Лебедя).

Окремі зорі названо іменами вчених, що їх вивчали. Наприклад, є зоря Барнарда, яка знаходиться в сузір'ї Змієносця. Вона цікава тим, що за 180 років зміщується на небі на величину діаметра Місяця. Є зоря Тіхо Браге залишок спалаху Наднової зорі 1572 р., яку вивчав відомий астроном Тіхо Браге.

Назва нашої зорі - Сонце - походить від індоєвропейського кореня «сау» - «світити».

### **Зоряні величини**

Видима зоряна величина — це безрозмірна астрономічна величина, яка характеризує видимий блиск чи яскравість небесного тіла з погляду земного спостерігача. Чим яскравіший об'єкт, тим менше числове значення його зоряної величини. Тому зоряні величини зростають у напрямку до від'ємних значень.

Поняття зоряної величини було започатковано ще античними астрономами, які розподіляли всі доступні неозброєному оку об'єкти неба на шість величин. Найяскравіші зірки відносили до першої величини, найтьмяніші до шостої. Вважалося, що зірки якоїсь величини вдвічі яскравіші ніж зірки наступної величини. Цей спосіб виміру яскравості набув поширення завдяки «Альмагесту» — зоряному каталогу Клавдія Птолемея, а його автором вважається Гіппарх.

Шкала зоряних величин є логарифмічною через те, що зміна яскравості в однакове число разів сприймається оком як однакова

(фізіологічний закон Вебера-Фехнера).

1856 року Норман Погсон формалізував шкалу зоряних величин, встановивши, що зірка першої величини рівно у 100 разів яскравіша за зірку шостої величини і, таким чином, яскравіша за зірку другої величини приблизно в 2,512 рази. Корінь п'ятого степеня зі 100 — ірраціональне число, що приблизно дорівнює 2,512, зветься коефіцієнтом Погсона.

Таким чином, зоряну величину можна виразити через таке рівняння:

$$m = -2,512 \lg I + C,$$

де  $I$  — світловий потік, а  $C$  — константа, яка залежить від вибору базової точки шкали.

Спочатку Погсон використовував Полярну зірку як базу своєї шкали, поклавши, що вона має точно другу зоряну величину. Однак потім було з'ясовано, що Полярна є змінною, і шкалу почали прив'язувати до Веги (зоряну величину якої вважали за нуль), а потім (коли з'ясувалося, що Вега теж змінна типу  $\delta$  Щита) перейшли до користування табличною базовою точкою, заснованою на виміряному значенні світлового потоку.

Зоряна величина в наукових текстах позначається на зразок  $2^m$  (літера  $m$  походить від англ. magnitude).

Сучасна шкала вже не обмежується шістьма зоряними величинами чи тільки видимим світлом. Дуже яскраві об'єкти можуть мати від'ємну зоряну величину. Наприклад, Сіріус, найяскравіша зірка небесної сфери, має зоряну величину  $-1,47^m$ [1]. Сучасна шкала дозволяє також одержати значення для Місяця і Сонця: повний місяць має зоряну величину  $-12,6^m$ , а Сонце  $-26,8^m$ . Орбітальний телескоп «Хаббл» може спостерігати зірки до  $30^m$  в видимому діапазоні.

Однак видима зоряна величина  $m$  не дає інформації про справжню потужність джерела світла (наприклад, близька свічка краще освітлює текст, ніж далека електрична лампочка). Тому для характеристики зір введено абсолютну зоряну величину  $M$ .

**Абсолютна зоряна величина** — це така зоряна величина, яку б мала зоря, якби перебувала від нас на відстані 10 пк (32,6 св. р.).

Оскільки освітленості змінюються обернено пропорційно квадрату відстані, то, використовуючи формулу (3.1), знайдемо співвідношення:

$$M = m + 5 - 5 \lg r,$$

де  $r$  - відстань до зорі, виміряна в парсеках.

### **Визначення відстаней до небесних світил**

Визначення відстаней до небесних світил. Те, що відстань до Місяця дорівнює 60 радіусам Землі, за тривалістю його проходження через тінь Землі при повному місячному затемненні встановив ще грецький вчений Гіппарх біля 150 р. до н. е.

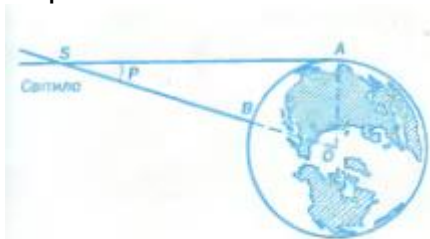
Відстані до планет Сонячної системи вдалося визначити лише у XVII ст. через вимірювання горизонтального паралаксу (мал. 3.3).

Горизонтальний паралакс — це кут між напрямом на світило з якої-небудь точки земної поверхні і напрямом з центра Землі.

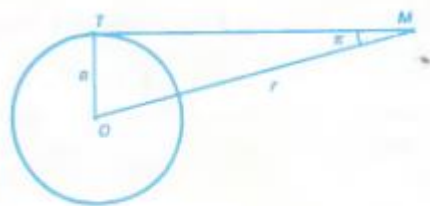
Відстані до близьких зір визначають за допомогою вимірювання

їхнього річного паралаксу (мал. 3.4).

Річний паралакс  $\pi$  — кут, під яким із зорі було б видно радіус земної орбіти.



Мал. 3.3. Горизонтальний паралакс



Мал. 3.4. Річний паралакс зорі

Вперше надійні річні паралакси було виміряне в середині XIX ст. Дотепер відомо точні величини річних паралаксів майже для 100 000 зір, і на цій основі розроблено біля десяти інших методів визначення відстаней до віддаленіших об'єктів.

Оскільки відстані між астрономічними об'єктами дуже великі, то користуватися звичними одиницями довжини (метр, кілометр) незручно. Тому в астрономії використовують особливі одиниці для вимірювання відстаней: астрономічна одиниця (а. о.), яка дорівнює середній відстані Землі від Сонця (149 600 000 км), і парсек (пк), від слів «паралакс» і «секунда» - відстань, з якої середній радіус земної орбіти видно під кутом  $1''$  (секунда дуги). Часто використовують похідні одиниці: кілопарсек (1 кпк = 1 000.pk) і мегапарсек (1 Мпк — 1 000 000.pk).

Інколи використовується одиниця довжини світловий рік (св. р.). Це така відстань, яку проходить світло за один рік, поширюючись зі швидкістю 300 000 км/с.

Між одиницями довжини, що використовуються в астрономії, існують такі співвідношення:  $1 \text{ пк} = 3,26 \text{ св. р.} = 206\,265 \text{ а.о.} = 3 \times 10^{16} \text{ м}$   
 $1 \text{ св. р.} = 0,3066 \text{ пк} = 63\,240 \text{ а.о.} = 9,5 \times 10^{15} \text{ м.}$