

УРОК № 3

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНЕЙ ДО НЕБЕСНИХ ТІЛ. НЕБЕСНІ КООРДИНАТИ.

Для стародавніх людей небесна сфера була найважливішим елементом Всесвіту. Вони орієнтувалися на місцевості за допомогою небесних тіл і вважали, що зорі розміщені на однаковій відстані від Землі, але згодом з'ясувалося, що це не так. Зорі навіть в одному сузір'ї розташовуються на різних відстанях. Постає питання:

Як визначити на якій відстані знаходиться небесне тіло?

Цим питанням в сучасній астрономії, займається наука астрометрія, в коло обов'язків якої є орієнтація в часі і просторі. Питання “коли?” розв'язується вказаним часом, “де?” - системою відліку, в якій визначається місцеположення небесного об'єкта.

Для визначення положення тіла у просторі потрібні три координати, в системі відліку яку ми сьогодні розглянемо їх також три: відстань та дві небесні координати.

Що це за координати та як їх обчислювати ви дізнаєтесь сьогодні на уроці.

1. Визначення відстаней до небесних тіл

Горизонтальний паралакс

Під час спостережень за зорями нам ніби всі небесні світила знаходяться на однаковій відстані. Нині відомо що всі зорі і планети знаходяться на різних відстанях від Землі. Як виміряти відстань до зорі чи планети?

Для вимірювання відстаней до небесних світил використовують *паралакс* – кутове зміщення об'єкта при його спостереженні із двох точок, відстань між якими прийнято за базис. У межах Сонячної системи базисом є екваторіальний радіус Землі. Кут під яким видно зі світила перпендикулярний до променя зору екваторіальний радіус Землі R називають *горизонтальним паралаксом* і позначають символом p .

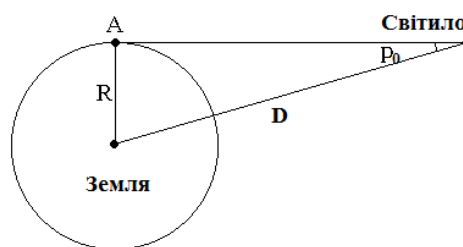
З рисунка 1 ми бачимо, що відстань D від центра Землі до світила визначається за формулою: $D = \frac{R}{\sin p}$.

Для того щоб визначити горизонтальний паралакс світила потрібно двом спостерігачам одночасно з точок A і B виміряти небесні координати цього світила. Ці координати, які вимірюють одночасно з двох точок — A і B , трохи відрізнятимуться. На основі цієї різниці координат визначають величину горизонтального паралакса.

Чим далі від Землі спостерігається світило, тим менше буде значення паралакса. Наприклад, найбільший горизонтальний паралакс має Місяць, коли він перебуває найближче до Землі: $p = 1^{\circ}01'$.

Горизонтальний паралакс планет набагато менший, і він не залишається сталим, адже відстані між Землею та планетами змінюються. Серед планет найбільший паралакс має Венера — $31''$, а найменший паралакс $0,21''$ — Нептун.

Зорі розташовані в мільйони разів далі, ніж Сонце, тому горизонтальні паралакси зір відповідно в мільйони разів менші.



Радіолокаційний метод

Для визначення відстаней до тіл Сонячної системи користуються найбільш точним методом вимірювання — радіолокаційним. Вимірявши час t , необхідний для того, щоб радіолокаційний імпульс досяг небесного тіла, відбився й повернувся на Землю, обчислюють відстань L до цього тіла за формулою $L = \frac{ct}{2}$ де c — швидкість світла $\approx 3 \cdot 10^8$ м/с.

За допомогою радіолокації визначені найбільш точні значення відстаней до тіл Сонячної системи, уточнені відстані між материками Землі.

2. Небесні координати

На небесній сфері можливі лиш кутові виміри, тому небесні координати - це система кутів, які однозначно визначають місце світила на небосхилі.

Положення світил визначається відносно точок і кіл небесної сфери. Для цього введено небесні координати, подібні до географічних координат на поверхні Землі.

В астрономії застосовується кілька систем координат. Відрізняються вони тим, що створені відносно різних кіл небесної сфери.

Положення світила визначається двома координатами, в залежності від задачі, яка ставиться існують такі системи координат: 1 та 2 екліптичні, екваторіальна, галактична, горизонтальна.

Горизонтальна система координат

Під час астрономічних спостережень зручно визначати положення світил відносно горизонту. Горизонтальна система координат використовує за основу коло дійсного горизонту. У цій системі координатами є висота h і азимут A .

Висота світила h — кутова відстань світила M від справжнього горизонту, виміряна вздовж вертикального кола.

Висота визначається в градусах, хвилинах і секундах. Вона вимірюється в межах від 0 до $+90^\circ$ до зеніту, якщо світило перебуває у видимій частині небесної сфери, і від 0 до -90° до надира, якщо світило перебуває під горизонтом.

Кутову відстань від зеніту до світила, вимірювану вздовж вертикального кола, називають **зенітною відстанню z** .

Вона відраховується в межах від 0 до $+180^\circ$ до надира. Висота й зенітна відстань пов'язані співвідношенням: $z + h = 90^\circ$.

Для вимірювання азимутів за початок відліку беруть точку півдня.

Азимут світила A — кутова відстань, вимірювана вздовж справжнього горизонту від точки півдня до точки перетину горизонту з вертикальним колом, що проходить через світило M .

Азимут відраховується на захід від точки півдня в межах від 0 до 360° .

Горизонтальна система координат використовується під час топографічної зйомки, у навігації.

Висоти світил, внаслідок обертання небесної сфери, протягом доби змінюються, що є суттєвим недоліком даної системи.

Екваторіальна система координат

На практиці використовують **екваторіальну систему координат**, вона пов'язана із площиною небесного екватора і колом схилень, яке проходить через точку весняного рівнодення (початок координат).

Перша координата – *схилення* δ -кут від небесного екватора уздовж кола схилень до світила. Вимірюється в градусах: від 0 до $+90^\circ$ - в північній частині сфери; від 0 до -90° - у південній.

Друга координата – *пряме піднесення (пряме сходження)* α – кут від точки весняного рівнодення Υ вздовж небесного екватора проти годинникової стрілки зі сторони північного полюса.(із заходу на схід) до кола схилень світила. Його вимірюють в годинах, хвилинах, секундах, з розрахунку, що $360^\circ=24$ години.

Координати світила (δ , α) задаються в астрономічних календарях, каталогах і визначити їх можна за допомогою карт зоряного неба. Ці координати не залежать від місця спостереження і майже не змінюються протягом року, тому карту зоряного неба можна використовувати у будь-якій країні.

Часто використовують ще одну координату - годинний кут світила. *Годинний кут світила* - це кут від площини небесного меридіану(верхньої точки небесного екватора) вздовж небесного екватора у бік заходу до площини кола схилень світила. Годинний кут світила - це час, що минув від верхньої кульмінації світила і вимірюється в тих же одиницях, що й пряме піднесення.

3. Рух небесних світил

Зі зміною географічної широти місця спостереження змінюється орієнтація осі обертання небесної сфери відносно горизонту.

Для спостерігача на Північному полюсі Землі, зорі північної небесної півкулі ніколи не заходять, а зорі південної небесної півкулі ніколи не сходять. Зорі рухаються по колах паралельних горизонту, їх висота над горизонтом незмінна. Для спостерігача на екваторі зорі обох небесних півкуль сходять і заходять. Якби не Сонце, то за добу можна було б побачити всі сузір'я небесної сфери.

На середніх широтах (широта населених пунктів України $\varphi=50^\circ \pm 5^\circ$) є світила, які ніколи не заходять, які ніколи не сходять, які сходять і заходять. Якщо схилення світила $\delta > 90^\circ - \varphi$ – світила ніколи не заходять. Якщо $\delta < -90^\circ + \varphi$ – світила ніколи не сходять.

Полюс світу внаслідок обертання Землі навколо своєї осі займає незмінне положення над горизонтом. Решта світил здійснюється добовий рух по небесних паралелях (колах, які паралельні небесному екватору). Причому кожне світило двічі перетинає небесний меридіан. Явище проходження небесним світилом небесного меридіану називають *кульмінацією*. У Верхній кульмінації, світило перетинає ту частину меридіану, яка ближче до зеніту (воно найвище над горизонтом), а у нижній кульмінації, та що ближче до надиру (найнижче).

Висота світила у верхній кульмінації визначається наступним чином:

1) Якщо верхня кульмінація світила відбувається на південь від зеніту($\delta < h$), то $h = 90^\circ - \varphi + \delta$

2) Якщо верхня кульмінація світила відбувається на північ від зеніту(між зенітом і північним полюсом і $\delta > h$) $h = 90^\circ + \varphi - \delta$

Нижня кульмінація на висоті $h = -90^\circ + \varphi + \delta$.

При складанні географічних і топографічних карт, прокладанні доріг і магістралей, розвідці покладів корисних копалин тощо потрібно знати географічні координати місцевості. Ці завдання можна розв'язати за допомогою астрономічних спостережень.

1) $\varphi = (h_{\text{в}} + h_{\text{н}}): 2$.

$h_{\text{в}}$ – висота світила у верхній кульмінації,

$h_{\text{н}}$ – висота світила у нижній кульмінації,

Це рівняння справджується для всіх зір, що не заходять, у яких верхня і нижня кульмінації перебувають по один бік від зеніту.

2) $\varphi = \delta \pm (90^\circ - h_{\text{в}})$.

+ - зоря кульмінує до півдня від зеніту, – зоря кульмінує до півночі від зеніту.

3) $\varphi = \delta$ (спостереження зір, що проходять поблизу зеніту)

Отже, географічну широту можна визначати вимірюючи висоту світила у верхній кульмінації з відомим схиленням.

Завдання для самооцінювання

✓ Як можна визначити відстань до світила, знаючи його горизонтальний паралакс?

✓ У чому полягає радіолокаційний метод визначення відстаней до небесних тіл?

✓ Які координати світил нанесено на зоряні карти? Які координати використовують у цій системі?

✓ Чому на зоряних картах не позначено азимути світил?

✓ До якої системи координат належить висота світила: екваторіальної чи горизонтальної?

✓ У якому місці Землі видно лише світила північної півсфери?

✓ Як за виглядом зоряного неба і його обертанням встановити, що ви прибули на Північний полюс Землі?

✓ Як можна на Північному полюсі Землі визначити напрямок на південь?

✓ Як називаються моменти найвищого та найнижчого положень світила відносно горизонту?

✓ Як визначити висоту полюса світу над горизонтом?

✓ За якої умови світило буде видимим на даній широті?

ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Прочитати тема §3