

РОЗДІЛ 1. НЕБЕСНА СФЕРА. СИСТЕМИ НЕБЕСНИХ КООРДИНАТ

ЛЕКЦІЯ №4. КУТОВА ВИСОТА ПОЛЮСА СВІТУ НАД ГОРИЗОНТОМ. ВИСОТА СВІТИЛА В МЕРИДІАНІ. УМОВИ ПНРЕБУВАННЯ СВІТИЛА НАД ГОРИЗОНТОМ

Ключові слова: висота полюса світу, географічна широта, верхня кульмінація, горизонт.

1.1. ВИСОТА ПОЛЮСА СВІТУ НАД ГОИЗОНТОМ

При пересуванні спостерігача по поверхні Землі від екватора до полюса кут між напрямом лінії виска і віссю світу зменшується від 90° до 0° , а отже, змінюється загальна картина добового обертання небосхилу. Для кожної точки земного меридіана правильна така теорема.

Кутова висота полюса світу над горизонтом дорівнює географічній широті спостерігача.

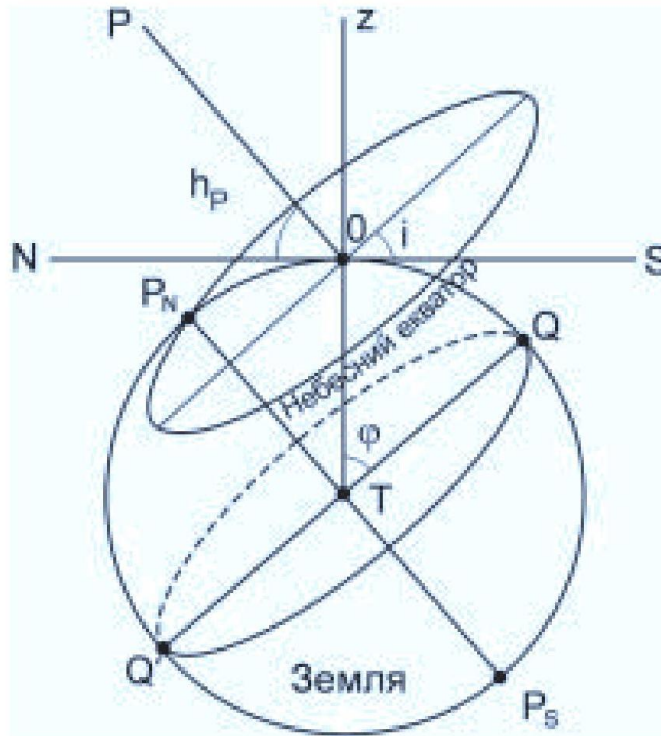
Як уже згадано (рис. 1.8), вісь світу PO паралельна осі добового обертання Землі, тобто $PO \parallel P_N P_S$. Оскільки виконуються умови $NO \perp OT$ і $PO \perp TQ$, то звідси випливає, що $\angle NOP = \angle OTQ$, тобто $h_p = \varphi$.

Приблизне положення північного полюса світу на небесній сфері знаходимо, відкладаючи п'ять відрізків, що дорівнюють відстані між зорями α і β Великої Ведмедиці, як це показано на рис. 1.4.

Нахил небесного екватора до горизонту $i = 90^\circ - \varphi$.

Справді (рис. 1.8): $h_p + 90^\circ + i = 180^\circ$, або $\varphi + 90^\circ + i = 180^\circ$, звідки маємо $i = 90^\circ - \varphi$.

Наведемо деякі приклади. Для спостерігача, який перебуває на північному географічному полюсі ($\varphi = +90^\circ$) прямовисна лінія співпадає з віссю обертання Землі, а площина математичного горизонту паралельна площині екватора (рис. 1.9а). Схематичне зображення небесної сфери такого спостерігача показано на рис. 1.9б. Внаслідок добового обертання, траєкторії видимого переміщення зір на небесній сфері є концентричними колами,

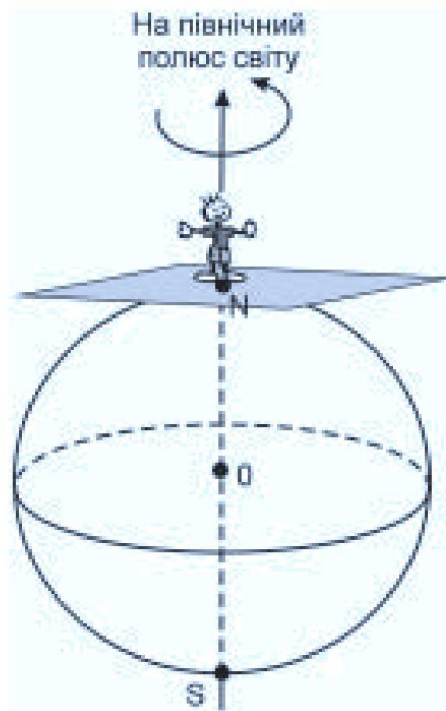


Р и с. 1.8. Співвідношення між висотою полюса світу над горизонтом h_p і географічною широтою спостерігача φ

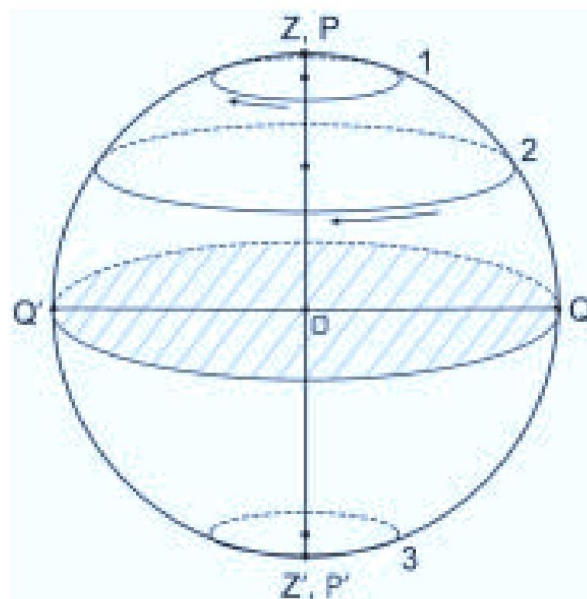
площини яких паралельні горизонту (а, отже, і площинам небесного і земного екватора). Природно, що центри цих кіл розташовані на осі світу. Протягом доби кутова висота кожної зорі над горизонтом залишається незмінною. Ті зорі, добові траєкторії яких перебувають під горизонтом спостерігача, для нього завжди залишаються невидимими.

Чим ближче видиме положення зорі на небесній сфері до точки полюса світу, тим менший діаметр її добового кола. І якщо воно співпадає з полюсом світу, то така зоря не бере участі в уявному обертанні небесної сфери, а її положення на ній протягом доби залишається незмінним. На небі немає яскравої зорі, видиме положення якої абсолютно точно співпадало б з північним полюсом світу, але є зоря, достатньо яскрава, котра на небесній сфері знаходиться поблизу точки P . Як вже знаємо, ця зоря називається Полярною (α Малої Ведмедиці). Її легко відшукати на небі. Якщо вам це вдалося, спостерігайте за зоряним небом в околиці Полярної протягом деякого часу. Ви одержите наочне уявлення про добове переміщення зір на небесній сфері.

Для спостерігача, який знаходиться на Південному полюсі Землі ($\varphi = -90^\circ$) видимий добовий рух зір відбувається так само, як і в розглянутому вище прикладі, але, річ ясна, вигляд зоряного неба тут інший. Спостерігач на південному полюсі буде бачити лише ті зорі, які знаходяться над його горизонтом, і які є недосяжними для спостереження з північного полюса. На відміну від північного неба, на південному немає яскравої зорі,



a



б

Р и с. 1.9. Спостерігач на північному географічному полюсі (*a*) і його небесна сфера (*б*). Як приклад тут зображені добові траєкторії зір 1 і 2, які постійно перебувають над горизонтом спостерігача, і зорі 3, яку він ніколи не бачить

видиме положення якої на небі співпадало б або було близьким до південного полюса світу.

Для спостерігача, який перебуває на земному екваторі ($\varphi = 0^\circ$), площина горизонту перпендикулярна до площини екватора. Північний по-

На Північний полюс світу

Вісь обертання

Diagram illustrating the Earth's rotation and the concept of the North Pole. A globe is shown with a vertical axis of rotation. A person is standing on a platform at the top of the axis, labeled "На Північний полюс світу" (At the North Pole of the world). The axis is labeled "Вісь обертання" (Axis of rotation). The globe has a horizontal equator and a vertical axis passing through the center point O. The North Pole is labeled N and the South Pole is labeled S. A curved arrow indicates the direction of rotation.

a

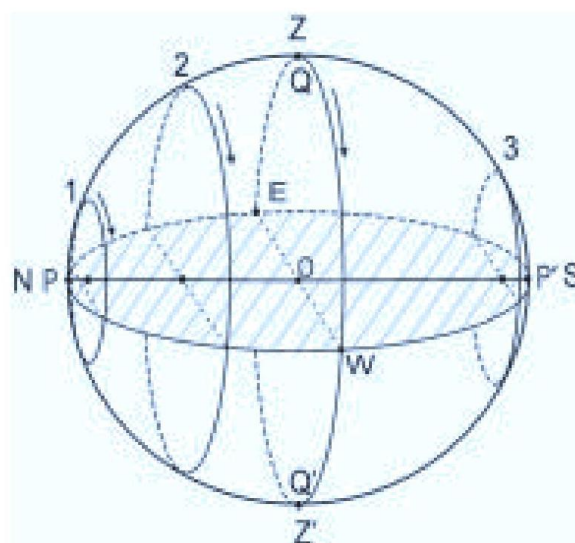


Рис. 1.10. Спостерігач на лінії земного екватора (а) і його небесна сфера (б)

Отже, для спостерігача на екваторі кожна із зір у визначений час сходить з-під горизонту, піднімається на усе більшу кутову відстань над ним, перетинає лінію небесного меридіана, переміщується до західної частини горизонту і, нарешті, заходить за горизонт. Кожну зорю 12 годин видно над горизонтом, і 12 годин вона переміщується вздовж своєї добової траєкторії під горизонтом спостерігача.

Розглянемо рис. 1.11, на якому показано двох спостерігачів на земному екваторі, які мають різну географічну довготу. Обидва протягом ночі побачать ті ж самі зорі, але у певний момент часу кожен спостерігач бачить «своє зоряне небо». Наприклад, якщо зоря *A* для першого спостерігача вже заходить за його горизонт, для другого у цей самий час вона перебуває високо над горизонтом. Зоря *B*, яку перший бачить у зеніті, ще недосяжна для другого спостерігача, оскільки ще знаходиться під його горизонтом. Сплине якийсь час, і завдяки обертанню Землі зоря *B* зійде у східній частині горизонту другого спостерігача, а перший у цей момент побачить, як вона вже заходить за горизонт.

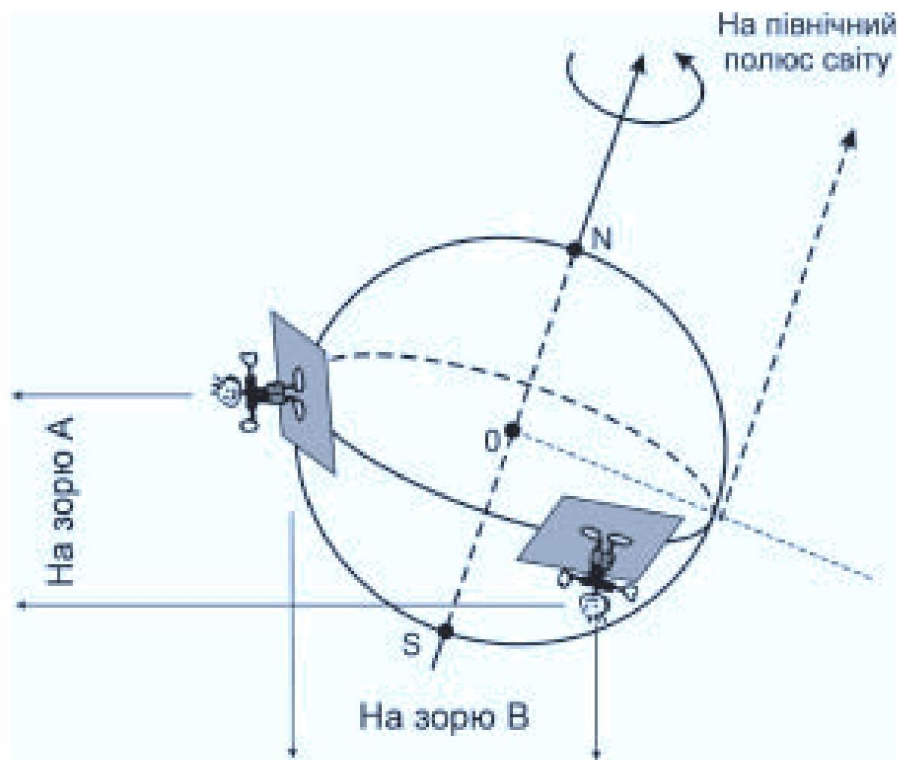
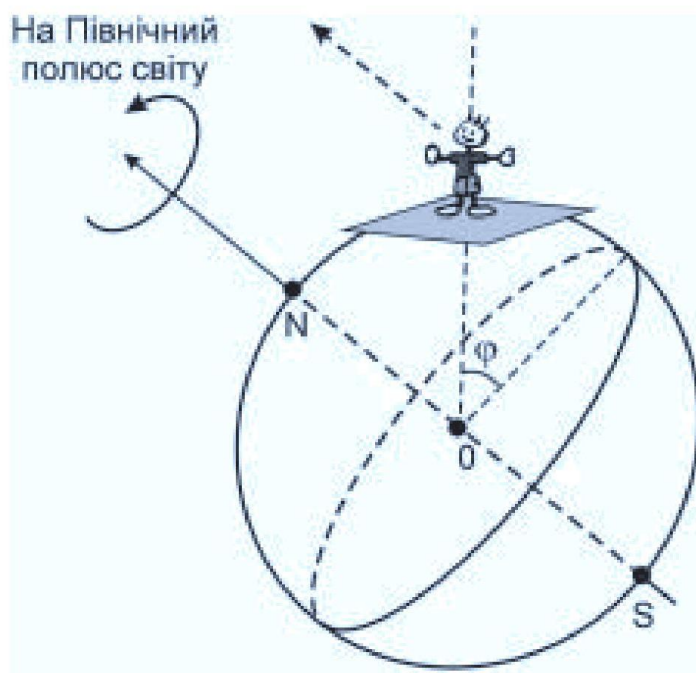
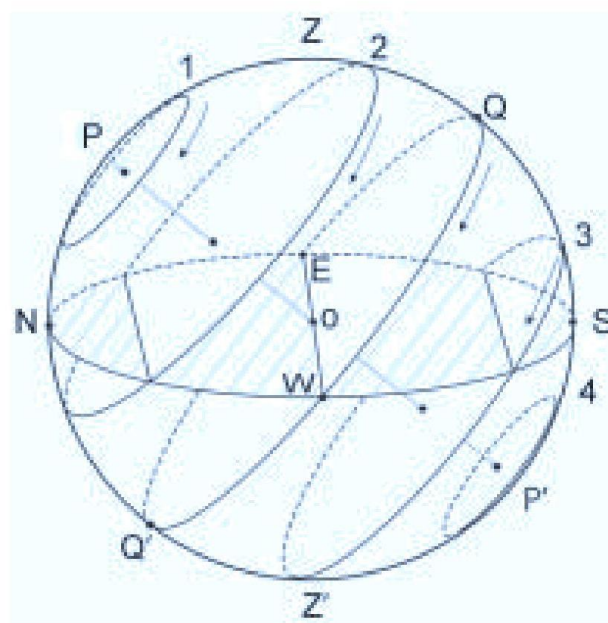


Рис. 1.11. Два спостерігачі на різних географічних довготах

Нарешті, розглянемо випадок, коли спостерігачі знаходяться у середніх широтах північної і південної півкуль (скажімо, $\varphi = +45^\circ$ і $\varphi = -45^\circ$ відповідно). Рис. 1.12а зображає спостерігача середніх широт північної півкулі Землі. На рис. 1.12б показана його небесна сфера. Тут площина небесного екватора і площина горизонту перетинаються під певним кутом ($90^\circ - \varphi$).



a



б

Рис. 1.12. Спостерігач середньої географічної широти (*a*) і його небесна сфера (*б*)

Оскільки площини добових кіл зір є паралельними площині небесного екватора, спостерігач побачить зорі північної півкулі небесної сфери (наприклад, 1, 2), а також частину зір південної півсфери (наприклад, зорю 3). Він не може спостерігати лише ті зорі південної півкулі небесної сфери, добо-ві кола яких не перетинають його горизонт (наприклад, зорю 4).

Якщо для спостерігача на географічних полюсах Землі всі видимі зорі ніколи не заходять за горизонт (іншими словами, їхні добові кола не перетинають площину горизонту), а для спостерігачів на екваторі навпаки — всі зорі сходять і заходять, то у середніх широтах картина є складнішою. Тут частина зір не заходить за горизонт, є зорі, які протягом доби сходять і заходять, є також зорі, які не сходять з-під горизонту.

Для спостерігача південної півкулі Землі, який перебуває на широті $\varphi = -45^\circ$, картина добового руху небесних зір буде подібною до тієї, яку бачить спостерігач на широті $\varphi = +45^\circ$. Він також буде бачити зорі, які не заходять за горизонт і ті, що сходять і заходять, а частина зір постійно перебуватиме під його горизонтом. Тільки у даному випадку ті зорі, які спостерігач північної півкулі не мав змоги бачити, для спостерігача південної півкулі будуть протягом кожної доби перебувати над його горизонтом.

Якісний розгляд умов перебування світила над горизонтом для спостерігача на географічній широті може бути доповнений кількісними співвідношеннями, які наведені у наступному розділі.

1.2. ВИСОТА СВІТИЛА В МЕРИДІАНІ. УМОВИ ПЕРЕБУВАННЯ СВІТИЛА НАД ГОРИЗОНТОМ

У верхній кульмінації світило займає найвище кутове положення відносно горизонту (рис. 1.13). Якщо схилення світила $\delta = \varphi$, то у верхній кульмінації це світило проходить через зеніт. У цей момент його кутова висота над горизонтом $h_{\text{БК}} = 90^\circ$. Якщо схилення світила $\delta < \varphi$, воно кульмінує на південь від зеніту, у цей момент його азимут $A = 0^\circ$. При $\delta > \varphi$ світило у верхній кульмінації перетинає небесний меридіан на північ від зеніту, його азимут $A = 180^\circ$. У першому випадку висота світила над горизонтом у верхній кульмінації:

$$h_{\text{БК}} = 90^\circ - \varphi + \delta. \quad (1.3)$$

Для світил, що кульмінують на північ від зеніту,

$$h_{\text{БК}} = 90^\circ + \varphi - \delta. \quad (1.4)$$

Звідси впливають умови перебування світила над горизонтом. По-перше (рис. 1.14), якщо схилення світила

$$\delta > (90^\circ - \varphi), \quad (1.5)$$

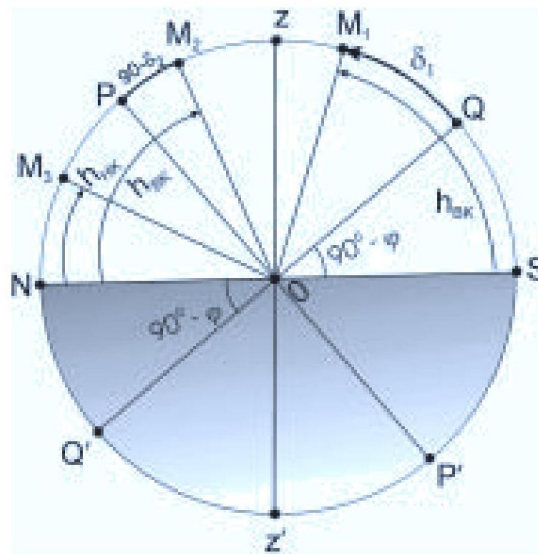


Рис. 1.13. Залежність кутової висоти світила над горизонтом в кульмінації h_{vk} і h_{uk} від географічної широти спостерігача φ і схилення світила δ

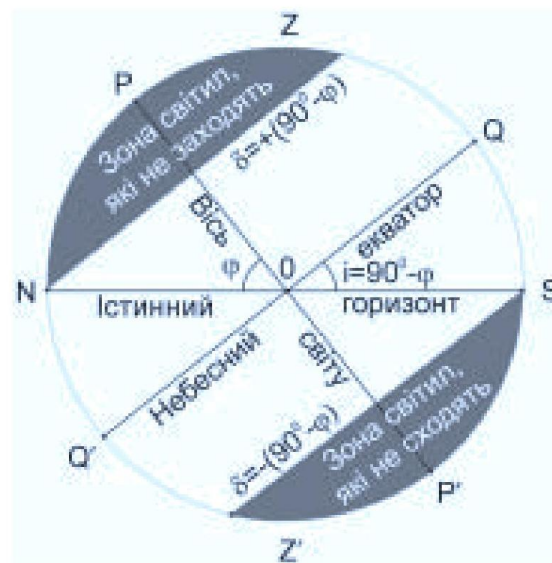


Рис. 1.14. Умови перебування світила над горизонтом

то це світило перебуває над горизонтом спостерігача цілодобово. По-друге, якщо

$$\delta < -(90^\circ - \varphi), \quad (1.6)$$

то світило взагалі не з'являється над горизонтом спостерігача (його верх-

Зокрема, для спостерігача, який перебуває на географічній широті $\varphi = 50^\circ$, цілодобово будуть над горизонтом світила, для яких $\delta > +40^\circ$, і ніколи не з'являються над горизонтом світила з $\delta < -40^\circ$.

