

РОЗДІЛ 2. РУХ СОНЦЯ. ВИМІРЮВАННЯ ЧАСУ

ЛЕКЦІЯ №7. ВИДИМИЙ РІЧНИЙ РУХ СОНЦЯ НА НЕБІ. ЗОРЯНИЙ І ТРОПІЧНИЙ РІК. ПОРИ РОКУ І ТЕПЛОВІ ПОЯСИ

Ключові слова: зоряний рік, тропічний рік, середнє сонце, весняне рівнодення, літнє сонцестояння, осіннє рівнодення, зимове сонцестояння .

1.1. ВИДИМИЙ РІЧНИЙ РУХ СОНЦЯ НА НЕБІ. ЗОРЯНИЙ І ТРОПІЧНИЙ РІК

Спостереження за розташуванням на небосхилі окремих (зокрема зодіакальних) сузір'їв, наприклад, у західній частині неба ввечері після заходу Сонця, проведені упродовж декількох тижнів, свідчать, що вся уявна сфера зір разом з добовим обертанням, ще й повільно обертається назустріч видимому переміщенню Сонця. Зодіакальне сузір'я, яке було видно ввечері низько над горизонтом на заході, через декілька тижнів уже спостерігається вранці перед сходом Сонця на сході. Уся ця видима зміна вигляду зоряного неба упродовж року є наслідком річного руху Сонця по небесній сфері, а фактично — обертання Землі навколо Сонця (рис. 2.1). Тому за кожен добу диск Сонця зміщується в напрямі з заходу на схід, тобто назустріч добовому обертанню небесної сфери, приблизно на 1° (приблизно на два свої видимі кутові діаметри).

Проміжок часу, за який Сонце, здійснивши повний оберт на небесній сфері, повертається на попереднє місце на тлі зір, називається *зоряним роком*. Його тривалість — 365,25636 доби, тобто 365 діб 6 год. 09 хв. 10 с.

Як уже згадувалося, за рахунок прецесії точка перетину небесного екватора з екліптикою (точка весняного рівнодення Υ) пересувається назустріч видимому рухові Сонця зі швидкістю $50,24''$ за рік. З переходом Сонця з південної півкулі неба у північну пов'язана зміна температурного режиму на земній поверхні — зміна *пір року*. Тому було введено поняття тропічного року.

Справжнім або тропічним роком (від. гр. $\tau\rho\omicron\pi\omicron\varsigma$ — поворот) називається проміжок часу, за який центр диска Сонця, описавши коло на екліптиці, знову повертається в точку весняного рівнодення. Інакше — це проміжок часу між двома послідовними проходженнями центра диска Сонця через

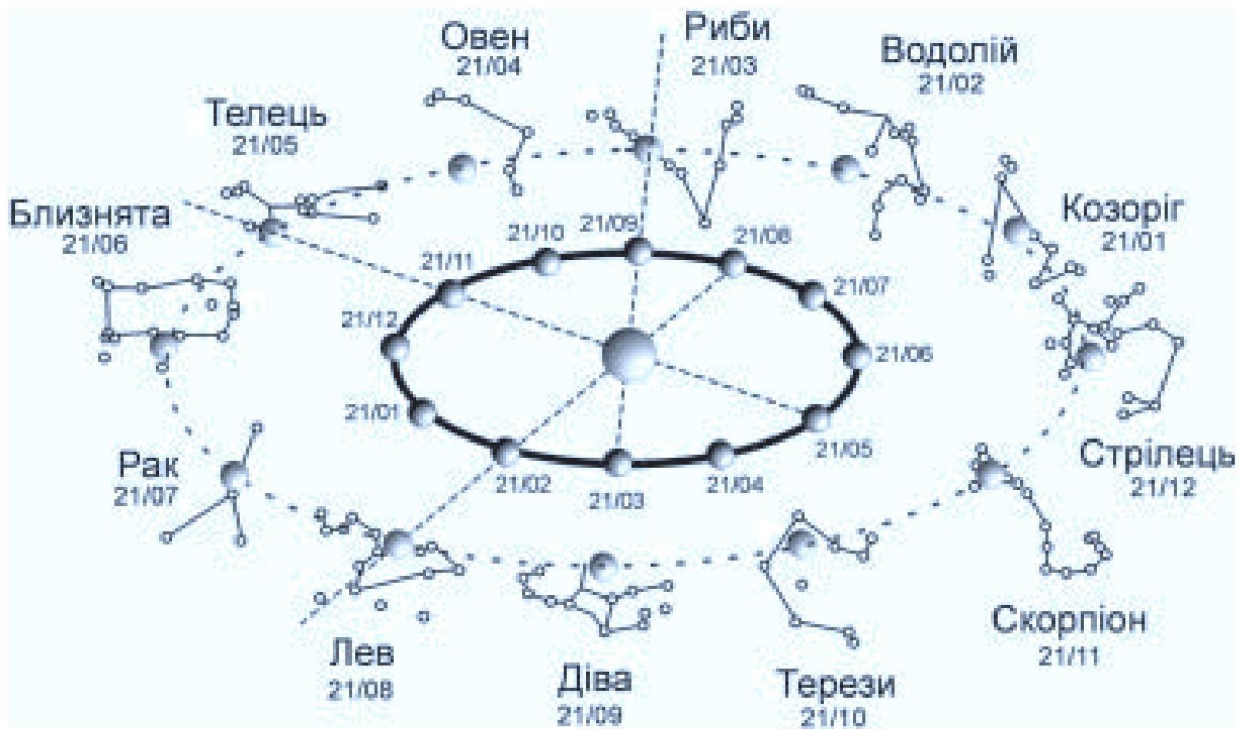


Рис. 2.1. Видиме зміщення Сонця на тлі зодіакальних сузір'їв унаслідок руху Землі навколо нього

точку весняного рівнодення. Його тривалість 365,2422 доби або 356 дів 5 год. 48 хв. 46 с. Як бачимо, зоряний рік триває на 20 хв. 24 с (0,0142 доби) більше від тропічного.

Таким чином, середня швидкість пересування диска Сонця на небі відносно зір становить $360^\circ : 365,2564 \text{ доби} = 0,986 \text{ град/доби}$. Проте систематичні спостереження показують, що насправді рух Сонця є нерівномірним. Це видно хоча б з того, що дугу екліптики в 180° від точки весняного рівнодення Υ до точки осіннього рівнодення Ω Сонце проходить за 186 дів, тоді як від точки Ω до точки Υ — за 179 дів. Це значить, що проміжок весна — літо на 7 дів довший, ніж осінь — зима (у північній півкулі Землі). У першому випадку середня швидкість зміщення Сонця за добу становить $58'$, у другому — $60'$. Найшвидше Сонце зміщується 1–5 січня (кутова швидкість $61'$ за добу), найповільніше — 1–5 липня ($57'$ за добу).

Відповідно до цього неоднаковим є і видимий кутовий діаметр Сонця: на початку січня він дорівнює $32'35''$, на початку липня — $31'31''$.

Тому для зручності обліку часу (див. далі) введено поняття *середнього Сонця* — фіктивної точки, яка рухається рівномірно по небесному екватору та, як і справжнє Сонце, повертається в точку весняного рівнодення за один тропічний рік.

Як відомо, у календарному році буває 365 або 366 дів. Астрономи ж відлічують тропічні роки однакової тривалості. В «Астрономічних календарях» звичайно вказаний момент початку тропічного року (наприклад, 0 січня,

тобто 31 грудня, в 11 год. 05 хв.). За початок астрономічного (тропічного) року приймають момент, коли пряме піднесення середнього екваторіального Сонця дорівнює $18^h 40^m$.

Уже згадувалося, що кут нахилу площини екліптики до площини екватора становить $23,5^\circ$. Визначено, що завдяки притяганню планет Сонячної системи площина земної орбіти «погойдується» відносно далеких зір з періодом близько 41 000 років, так що значення кута ϵ змінюється в межах від $22,068$ до $24,568^\circ$. У наш час кут ϵ щорічно зменшується на $0,47''$. Наприклад, на початок 1980 р. $\epsilon = 23^\circ 26' 30,78''$, на початок 2004 р. — $23^\circ 26' 19,52''$. Через тисячі років зменшення кута ϵ зміниться його зростанням.

1.2. ПОРИ РОКУ І ТЕПЛОВІ ПОЯСИ

Унаслідок видимого річного руху Сонця його схилення δ_\odot безперервно змінюється. Основні моменти цього руху такі:

21 березня Сонце перетинає небесний екватор, переходячи з південної півкулі неба в північну (рис. 2.2). Це — *весняне рівнодення*, початок *астрономічної весни*. Схилення Сонця у цей день $\delta_\odot = 0^\circ$. Тривалість дня і ночі однакові — по 12 годин (якщо не враховувати рефракцію). У цей час схилення Сонця зростає.

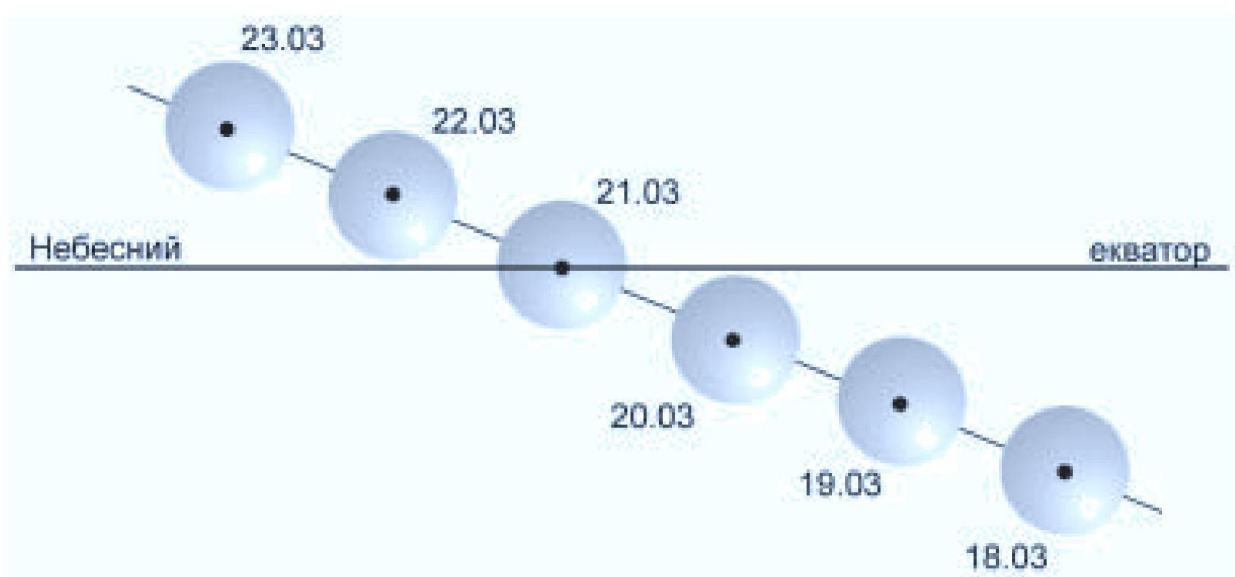


Рис. 2.2. Перехід Сонця через точку весняного рівнодення

22 червня настає *літнє сонцестояння*, початок *астрономічного літа* у північній півкулі. Цього дня схилення досягає свого максимального значення $\delta_\odot = +23^\circ 26'$. За формулою (1.3) знаходимо, що на географічній широті $\varphi = 50^\circ$ у цей день кутова висота Сонця над горизонтом у верхній кульмінації $h_{\text{вк}} = +63^\circ 26'$. Протягом декількох днів (до і після 22 червня) висота

Сонця над горизонтом у момент верхньої кульмінації опівдні залишається майже незмінною (звідси й поняття «сонцестояння»). Тривалість дня на вказаній широті — 16 год., ночі — 8 год. Через декілька днів після *літнього сонцестояння* схилення Сонця починає помітно зменшуватись.

23 вересня — *осіннє рівнодення*. Схилення Сонця тепер знову дорівнює $\delta_{\odot} = 0^{\circ}$, кутова висота Сонця над горизонтом у верхній кульмінації $h_{\text{БК}} = (90^{\circ} - \varphi)$. Центр диска Сонця перетинає небесний екватор у точці осіннього рівнодення. Це — початок *астрономічної осені* в північній півкулі. Тривалість дня і ночі знов однакові. У наступні дні схилення Сонця продовжує зменшуватися.

22 грудня — *зимове сонцестояння*, початок *астрономічної зими*. Схилення Сонця в цей день досягає мінімального значення за рік $\delta_{\odot} = -23^{\circ}26'$, кутова висота Сонця над горизонтом у верхній кульмінації на широті $\varphi = 50^{\circ}$ становить усього $16^{\circ}34'$. День тут триває 8 год., ніч — 16 год.

Зауважимо, що протягом року точка сходу (і заходу) Сонця на горизонті описує велику дугу, при $\varphi = 50^{\circ}$ вона становить 75° . Наприклад, азимут точки заходу Сонця 22 грудня $A = 54^{\circ}$, а 22 червня — 129° . Уже згадувалося, що за рахунок атмосферної рефракції (і особливості відліку початку дня та його кінця) тривалість дня під час рівнодень (загалом — упродовж року) все ж більша, ніж це було б на планеті без атмосфери.

Вказана тут зміна схилення Сонця δ_{\odot} упродовж року зумовлена орієнтацією осі обертання Землі у просторі (рис. 2.3). Ця вісь нахилена до площини екліптики під кутом $(90^{\circ} - \varepsilon) = 66^{\circ}34'$ і під час руху Землі навколо Сонця переноситься паралельно сама собі (насправді, як вже знаємо, описує на небесній сфері еліпс за майже 26 000 років, але в інтервалі часу в декілька десятків років цим ефектом взагалі нехтуємо). Це і є причиною зміни пір року. Неважко обчислити, що, зокрема, на географічній широті $\varphi = 50^{\circ}$ потік сонячної енергії в літній період (так звана *інсоляція*) у 3,2 рази біль-



Рис. 2.3. Орбітальний рух Землі навколо Сонця і зміна пір року

ший, ніж узимку, а тривалість світлового дня на цій широті влітку вдвічі більша, ніж узимку.

Особливості річного руху Сонця на небі на різних географічних широтах проявляються по-різному.

Для спостерігача на екваторі всі світила, також і Сонце, перебувають 12 год. над і 12 год. під горизонтом. Двічі на рік, 20 (21) березня і 22 (23) вересня, Сонце у верхній кульмінації проходить через зеніт, 22 червня Сонце кульмінує на північ від зеніту на кутовій висоті $66^{\circ}34'$, а 22 грудня — на такій же висоті на південь від зеніту.

Для спостерігача на *північному тропіку (тропіку Рака)* на широті $\varphi = +23^{\circ}26'$ Сонце тільки в день літнього сонцестояння переходить через зеніт. Через півроку, 22 грудня, Сонце переходить через зеніт спостерігача на *південному тропіку (тропіку Козорога)*. У географічних пунктах, розташованих між згаданими тропіками, Сонце переходить через зеніт двічі на рік у ті дні, коли його схилення стає рівним широті місця спостереження.

Для спостерігача на *північному полярному колі* (широта $\varphi = +66^{\circ}34'$) у день літнього сонцестояння Сонце цілодобово перебуває над горизонтом, а в день зимового сонцестояння цілодобово перебуває під горизонтом (строго кажучи, у цей день за рахунок атмосферної рефракції диск Сонця все ж з'являється над горизонтом біля точки півдня, однак лише ненадовго).

Для спостерігача на *північному географічному полюсі* Землі Сонце перебуває над горизонтом увесь час, поки його схилення $\delta_{\odot} \geq 0^{\circ}$, тобто доки воно перебуває над площиною небесного екватора. На північному полюсі Сонце з'являється над горизонтом близько 21 березня, найбільшої кутової висоти над горизонтом ($23^{\circ}26'$) досягає 22 червня і близько 23 вересня на півроку заходить за горизонт. Унаслідок добового руху небесної сфери воно описує на небі кола, майже паралельні горизонту, у першій половині вказаного періоду повільно підіймаючись все вище над горизонтом, в другій — опускаючись униз до горизонту. В цілому день і ніч на полюсах тривають по півроку.

