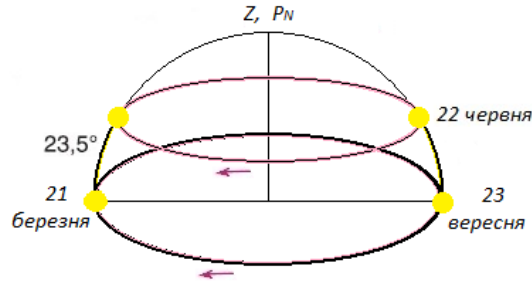
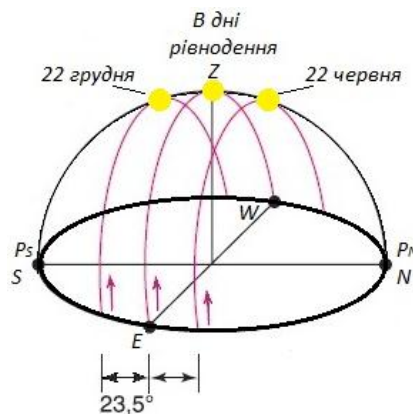


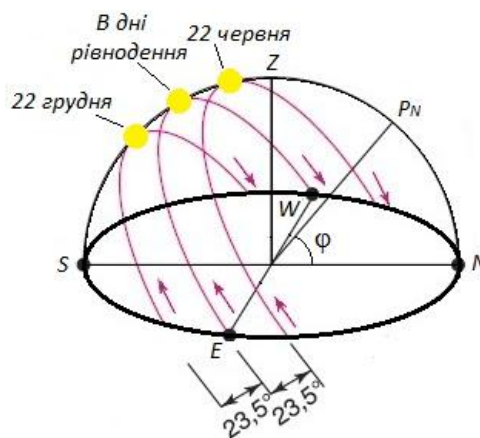
**Спостережуваний рух Сонця по небосхилу.** Траєкторія руху Сонця має вигляд спіралі, яка піднімається і опускається відносно земного екватора. На полюсах Землі витки спіралі майже паралельні горизонту. Так на північному полюсі, з'явившись з-за горизонту 21 березня, описуючи спіраль, Сонце піднімається все вище і вище над горизонтом і 22 червня досягає найбільшої полуденної висоти у  $23^{\circ},5$ . Потім знову по спіралі воно починає опускатися і 23 вересня заходить за горизонт на півночі.



На екваторі витки спіралі перпендикулярні до горизонту. Сонце кожен день сходить і заходить, цілий рік день рівний ночі. Рухаючись по спіралі з півдня на північ і назад, двічі на рік воно сходить в точці сходу і заходить в точці заходу. Це буває 21 березня і 23 вересня. В ці дні в полудень Сонце завжди в зеніті. В інші дні року точки сходу і заходу зсунуті: взимку – до півдня, влітку – до півночі. Найбільший зсув спостерігається 22 грудня і 22 червня. Він дорівнює  $23^{\circ},5$ . В ці дні висота Сонця над горизонтом найменша.

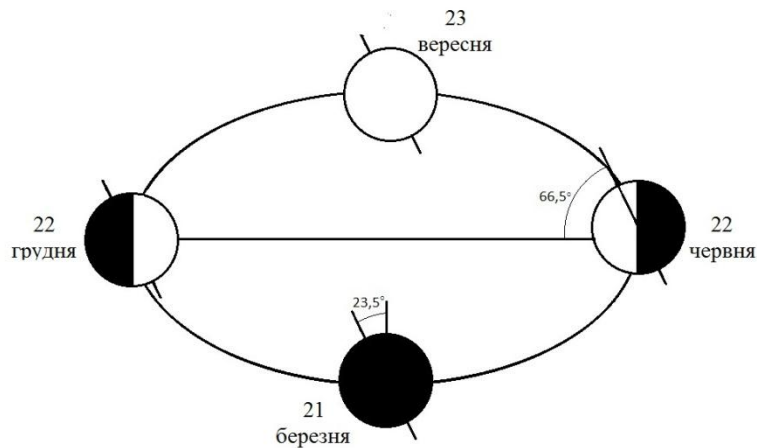


В середніх широтах, як і на екваторі, Сонце кожний день сходить і заходить і, як на екваторі, рухаючись по спіралі з півдня на північ і в зворотному напрямку, два рази на рік проходить через точки сходу і заходу. В ці дні на всіх широтах день рівний ночі, тому дні 21 березня і 23 вересня називають днями весняного і осіннього рівнодення.



Спостережувані явища є наслідком того, що вісь добового обертання Землі нахилена до

площини орбіти на кут  $66^{\circ},5$ . Також важливим є те, що при русі Землі навколо Сонця напрям осі в просторі та її нахил до площини орбіти залишаються незмінними.



**Екваторіальні координати Сонця.** Оскільки на протязі року положення Сонця на небесній сфері постійно змінюється, то постійних змін зазнають і його небесні координати. Для практичних потреб часто доводиться користуватися екваторіальними координатами Сонця в дні рівнодень і сонцестоянь.

Основні епохи	Наближені дати	Пряме сходження, $\alpha$	Схилення, $\delta$
День весняного рівнодення	21 березня	$0^h$	$0^{\circ}$
День літнього сонцестояння	22 червня	$6^h$	$23^{\circ},5$
День осіннього рівнодення	23 вересня	$12^h$	$0^{\circ}$
День зимового сонцестояння	22 грудня	$18^h$	$23^{\circ},5$

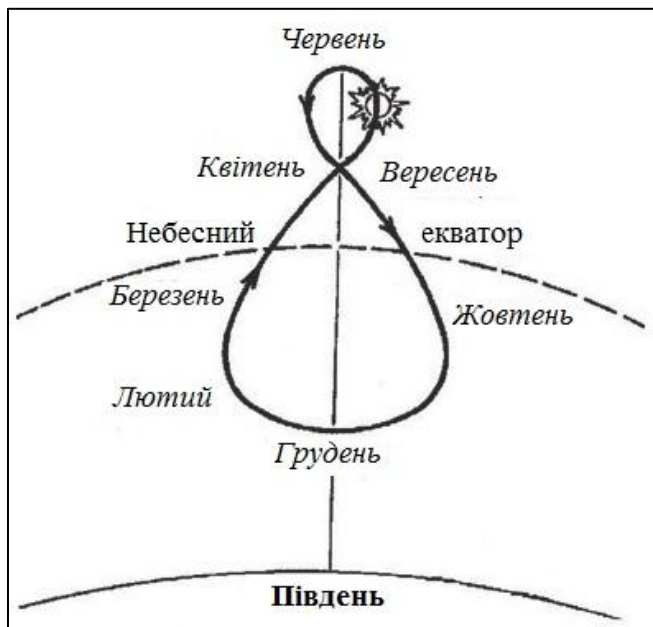
Прямі сходження Сонця збільшуються за добу приблизно на 4 хвилини, а схилення змінюється в середньому на  $0^{\circ},25$  за добу. Для більш точних обчислень схилень Сонця використовують таблицю:

Зміна $\delta_{\odot}$ за добу		
На протязі 1-го місяця до і після рівнодення	На протязі 2-го місяця до і після рівнодення	На протязі 1-го місяця до і після сонцестояння
$0^{\circ},4$	$0^{\circ},3$	$0^{\circ},1$

Точні значення екваторіальних координат Сонця для заданої дати подані в щорічних Астрономічних календарях.

**Аналема** - Якщо нерухому закріплену фотокамеру спрямувати в південну частину неба і щоденно в істинний полудень робити знімок на один і той же фотокадр, то одержимо траєкторію, яку описує

центр сонячного диску за час фотографування. Ця траєкторія нагадує «вісімку», що витягнута вздовж небесного меридіана і поміщена між полуденною висотою Сонця в дні літнього і зимового сонцестоянь. Протяжність цієї «вісімки» складе  $47^\circ$ . Її ширина визначається з амплітуди рівняння часу: максимальне випередження або відставання істинного сонячного часу від середнього складає  $\pm 15$  хв – саме на такий годинний кут буде відхилятися Сонце від меридіана в моменти максимального рівняння часу. Власне кажучи, «вісімка» (аналема) є не що інше, як ще одна форма представлення рівняння часу. Якщо фотографування проводити не в полудень, а в інший час, наприклад в першій половині дня, то аналема буде нахиленою зліва направо, а якщо у другій половині дня то – справа наліво.



**Сутінки** - час доби, коли Сонце знаходиться під горизонтом (перед світанком чи після заходу), але можна бачити сонячне світло, яке розсіяне у верхніх шарах атмосфери. Сутінки спостерігаються налюбій планеті чи супутнику, які мають атмосферу.

**Громадянські (цивільні) сутінки** — час доби, коли Сонце візуально опускається не нижче ніж на  $6^\circ$  під горизонтом. У цьому випадку діяльність людини не потребує додаткового вуличного освітлення. Громадянські сутінки закінчуються, коли Сонце опускається на  $7^\circ$  під горизонт.

**Навігаційні сутінки** — час доби, коли Сонце опустилось нижче горизонту більш, ніж на  $6^\circ$ , але не більше, ніж на  $12^\circ$ . У цьому випадку вмикається вуличне освітлення у містах, але освітленість ще достатня, щоб розрізнати морські і річкові навігаційні знаки. Коли наступають астрономічні сутінки, необхідне підсвічування навігаційних знаків для чіткого їх розрізнення. Навігаційні сутінки закінчуються, коли Сонце опускається на  $12^\circ$  під горизонт.

**Астрономічні сутінки** — Сонце опустилось нижче горизонту більш, ніж на  $12^\circ$ . Назва пов'язана із тим, що у цих умовах світіння атмосфери все ще зависоке для проведення певних астрономічних

спостережень. Астрономічні сутінки закінчуються при опусканні Сонця нижче  $18^\circ$  під горизонтом. Після цього починається ніч.

**Біла ніч** – явище, яке спостерігається у високих широтах (за  $59^\circ,5$ ), коли поблизу літнього сонцестояння не закінчуються громадянські сутінки.

**Білі ночі, полярний день і полярна ніч.** Громадянські сутінки тривають до занурення Сонця під горизонт на  $7^\circ$  ( $h = -7^\circ$  і  $z = 97^\circ$ ). Якщо навіть у нижній кульмінації висота Сонця  $h_n \geq -7^\circ$  ( $z_n \leq 97^\circ$ ), то громадянські сутінки тривають до сходу Сонця і називаються *білими ночами*. Якщо у формулу висоти світила у нижній кульмінації  $h_n = \delta - (90^\circ - \varphi)$  підставити  $h_n = -7^\circ$ , то легко можна визначити географічну широту місць, в яких наступають білі ночі при різних значеннях схилення Сонця. Ця ж формула при підстановці в неї  $h_n = -18^\circ$  дає границю темних ночей, при яких будь-яке сутінкове освітлення зникає. При  $h_n = -0,9^\circ$  верхній край сонячного диску зазвичай торкається горизонту, і тим самим визначається початок і закінчення *полярного дня*. Початок і закінчення *полярної ночі* обумовлено полуденною висотою Сонця:  $h_b = -0,9^\circ$  (або  $z_b = 90,9^\circ$ ). Наведені значення  $h_n$  та  $h_b$  враховують величину радіуса сонячного диску ( $\approx 0,3^\circ$ ) і середню рефракцію в горизонті ( $\approx 0,6^\circ$ ). Тривалість періоду білих ночей, полярного дня і полярної ночі знаходиться за календарними датами, у які схилення Сонця має обчислене і задане значення, а самі дати встановлюються за астрономічними календарями-щорічниками. При розв'язуванні таких задач достатньо приймати значення географічної широти і схилення Сонця з точністю до  $0^\circ,1$ .