Сутінки, білі ночі, полярний день і полярна ніч. Рефракція.

Час доби, коли Сонце знаходиться під горизонтом (перед світанком чи після заходу), але можна бачити сонячне світло, яке розсіяне у верхніх шарах атмосфери, називається сутінками.

Розрізняють сутінки цивільні, навігаційні і астрономічні.

* Цивільні сутінки — коли [Сонце](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5) візуально опускається не нижче ніж на 6 градусів під [горизонтом](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%82). У цьому випадку діяльність людини не потребує додаткового вуличного освітлення.
* Навігаційні сутінки — Сонце опустилось нижче горизонту більш, ніж на 6 градусів, але не більше, ніж на 12 градусів. У цьому випадку вмикається вуличне освітлення у [містах](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE), але освітленість ще достатня, щоб розрізняти морські і річкові навігаційні знаки. Коли наступають астрономічні сутінки, необхідна підсвітка навігаційних знаків для чіткого їх розрізняння.
* Астрономічні сутінки — Сонце опустилось нижче горизонту більш, ніж на 12 градусів. 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 градусів під горизонтом.

 Громадянські сутінки закінчуються, коли Сонце опускається на 7° під горизонт, навігаційні – на 12°, а коли Сонце опускається на 18°, закінчуються астрономічні сутінки і починається ніч. Сутінки спостерігаються на любій планеті чи супутнику, які мають атмосферу.

Громадянські сутінки тривають до занурення Сонця під горизонт на 7° (h = -7° і z = 97°). Якщо навіть у нижній кульмінації висота Сонця hн ≥ -7° (zн ≤ 97°), то громадянські сутінки тривають до сходу Сонця і називаються білими ночами.

Якщо у формулу висоти світила у нижній кульмінації $h\_{н}=δ-(90°-φ)$ пыдставити hн = -7°, то легко можна визначити географічну широту місць, в яких наступають білі ночі при різних значеннях схилення Сонця. Ця ж формула пр. и підстановці в неї hн = - 18° дає границю темних ночей, при яких будь-яке сутінкове освітлення зникає. При hн = - 0,9° 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: hв = - 0,9° (або zв = 90,9°). Наведені значення hн та hв враховують величину радіуса сонячного диску (≈0,3°) і середню рефракцію в горизонті (≈0,6°).

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,

Явище позірного зміщення об'єктів, що спостерігаються крізь товщу [атмосфери](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0). Як відомо, [світло](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%BE), наприклад від [зорі](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%BE%D1%80%D1%96), перш ніж потрапити в око [спостерігача](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B3%D0%B0%D1%87), проходить [земну атмосферу](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BC%D0%BD%D0%B0_%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0), де частково [розсіюється](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%81%D1%96%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BA_%D1%96_%D1%85%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D1%8C), частково [заломлюється](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F) й [поглинається](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F). Внаслідок цього первісний характер випромінювання дещо зміниться.

Атмосфера, нижні шари якої густіші, діє на [світло](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%BE), що надходить від небесних світил, як [лінза](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D0%BD%D0%B7%D0%B0) із змінним показником заломлення. Тому світло в міру проникнення в земну атмосферу заломлюється нею дедалі сильніше. Внаслідок цього світловий промінь викривляється. А це означає, що всі небесні об'єкти, за винятком тих, які перебувають у [зеніті](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%82), здаються на небі вище, ніж є насправді. Світила нібито зміщується до зеніту на деякий [кут](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D1%82). Тому при визначені висоти зір та інших небесних об'єктів потрібно враховувати поправку на атмосферу [рефракцію](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%84%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F), величина якої може досягати 35'.

Внаслідок рефракції схід світил спостерігається дещо раніше, а захід пізніше, порівняно з тим, якби не було атмосфери. Для об'єктів поблизу горизонту, світило від яких проходить значну товщу атмосфери, рефракція проявляється найсильніше. Наприклад, [Сонце](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5), видимий кутовий діаметр якого близько 30', коли сходить або заходить, здається трохи більшим і дещо стиснутим. Завдяки рефракції день продовжується на кілька хвилин порівняно з тим, якби не було атмосфери.

Поряд із заломленням світла в атмосфери має місце і його розсіювання. Подібно до того, як аркуш білого паперу або матове скло розсіюють світло, що падає на них, так і частинки[пилу](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D0%BB) в атмосфері й навіть її [молекули](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D0%B8) частково розсіюють сонячні промені. Внаслідок цього наше небо має [блакитний колір](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BB%D0%B0%D0%BA%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%80). Справа в тому, що дрібні тверді частинки атмосфери , її молекули ефективніше розсіюють [фіолетове](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%80) світло короткої довжини хвилі, ніж [червоне](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D1%80%D0%B2%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%80), довжина хвилі якого більша. Тому біле світло, входячи в земну атмосферу, червоніє, втрачаючи фіолетові промені, які атмосфера немовби "з'їдає". Забране атмосферою фіолетове та синє світло розсіюється в ній, що зумовлює блакить земного неба. Якби не це розсіювання сонячного світла на частинках атмосфери, небо здавалося б чорним, таким, яким його бачили [космонавти](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%B8), літаючи на [космічних кораблях](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8C). Надлишок червоних променів у світлі, що доходить до земного спостерігача, зумовлює також червоний або [рожевий](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D1%96%D1%80) колір Сонця при його заході.



**Приклад. Знайдіть тривалість періоду білих ночей і тривалість полярного дні і полярної ночі в Амдермі, географічна широта якої ϕ = +69°41´.**

Дано: ϕ = +69°41´ = +69°,7 .

Розв’язок. Підставляємо у формулу $h\_{н}=δ-\left(90°-φ\right)$ hн = -7° і ϕ = +69°,7 та обчислюємо схилення Сонця δ, при якому наступають білі ночі:
$$δ=h\_{н}+\left(90°-φ\right)=-7°+\left(90°-69°,7\right)=+13°,3.$$

Ця ж формула при hн = -0°,9 дає для Сонця, яке не заходить $δ=+19°,4$, а формула $h\_{н}=90°-φ+δ$ при hв = -0°,9 для Сонця, яке не сходить $δ=-21°,2$. За астрономічним календарем, зоряною картою чи простих обчислень встановлюємо, що Сонце має схилення $δ=+13°,3$ 26 квітня та 18 серпня, $δ=+19°,4$ – 18 травня і 27 липня, а $δ=-21°,2$ – 28 листопада і 15 січня.

Отже, в Андермі з 26 квітня по 18 травня і з 27 липня по 18 серпня тривають білі ночі, з 18 травня по 27 липня продовжується полярний день, а з 28 листопада по 15 січня – полярна ніч.