

## ОСНОВНІ ЧАСОВІ КОНЦЕПЦІЇ АСТРОНОМІЇ

**Аліна Данилевич** – студентка 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського  
**Анастасія Ковтун** – студентка 4 курсу СВО бакалавра ВДПУ ім. М.Коцюбинського

*У статті подається огляд розвитку уявлень про час. Причини виникнення часу і способи його визначення. Дослідження астрономічних періодів та визначення доби за допомогою допоміжних точок. Також розповідається про системи розрахунку зоряного часу та зв'язок з середнім сонячним часом.*

**Ключові слова:** зоряний час, зоряна доба, верхня і нижня кульмінація, справжній сонячний час, середнє сонце, середній сонячний час, середня сонячна доба, рівняння часу.

“Ми всі використовуємо час, але ніхто не знає, котра година”, - сказав доктор-астрофізик Станіслав Байтлік під час лекції.

Концепція часу давно турбує людство. І стурбований Геракліт писав, що ви не можете увійти в одну і ту ж річку двічі. Фізичні процеси беруть свій початок в минулому і знаходять своє завершення в майбутньому. Тобто в тих сферах, які не існують тут і зараз. “Якщо фізичні процеси відбуваються в чомусь, що не існує, і закінчуються чимось, що не існує, чи відбуваються вони взагалі?” - Станіслав Байтлік висловив ці побоювання.

Люди почали вимірювати час задовго до перших уявлень про те, що Земля обертається навколо Сонця. Проте переміщення об'єктів, що мали місце на зоряному небі, перебували під пильним оком спостерігачів багатьох давніх культур.

Стародавні єгиптяни винайшли сонячні годинники та пісочний годинник. На рубежі тринадцятого і чотирнадцятого століть були побудовані перші механічні годинники, але годинники на руку - це лише винахід 16 століття. У той час були створені перші кишенькові годинники, але вони не стали популярними лише в XIX столітті. На рубежі XIX-го і XX-го століть з'явилися перші кварцові годинники. Вони використовують п'єзоелектрику для вимірювання часу. Електрична напруга, прикладена до бічних стінок кварцового кристала, викликає його вібрації, які підраховуються системою годинника. Таке вимірювання набагато точніше, ніж у випадку з механічними таймерами. Атомні годинники з'явилися у другій половині XX століття, вони вимірюють час, використовуючи коливання атома, і досягають точності  $10^{-7}$  секунд на рік.

Що таке час? Ньютон вважав, що простір і час незалежні від матерії. Кант вважав, що час і простір - це апріорні категорії для вираження досвіду, якому ми піддаємось. Шопенгауер зауважив, що час дозволяє впорядкувати послідовності подій, щоб вони не відбувалися одночасно. Як зауважив Станіслав Байтлік, усі ці концепції припускали, що час абсолютний і тече однаково для всіх. Лише в 1905 році Ейнштейн показав, що час і простір залежать від спостерігача. Ці відмінності в повсякденному житті майже непомітні, але для предметів, які рухаються з близькою швидкістю світла, вони величезні.

У 1916 році Ейнштейн опублікував працю, за її словами, темп годинника залежить не тільки від його руху, але і від гравітаційного поля, що впливає на нього. Годинник на рівні моря ходить повільніше, ніж на вершині високої гори, тому що вплив гравітаційного поля нижче. Точність атомних годин настільки велика, що коли їх підняти на 15 сантиметрів вгору, вони починають швидше ходити.

Описані вище часові властивості використовуються в роботі системи GPS. Близько 30 штучних супутників орбіти з атомними годинниками на борту. Вимірюючи різниці в надходженні сигналів від різних супутників, пристрій, що приймає сигнал, здатний визначити його місцезнаходження. Оскільки супутники, що обертаються навколо еліпса, необхідно враховувати відмінності у швидкості ходіння годин, що виникають із загальної теорії відносності Ейнштейна [1].

Саме спостереження за видимим рухом Сонця, Місяця, планет і зірок заклали фундамент для вимірювання проміжків часу, що базувалися на астрономічних періодах. Ними стали вже звичайні для нас *день, місяць, рік*.

Але в астрономії ці періоди, а також способи їх визначення, є трохи специфічними. Так, існує декілька різновидів дня, місяця і року [2].

В основу визначення одиниці часу покладено періодичне явище в природі, за який небесна сфера здійснює повний оберт навколо Землі, а отже повторення явищ сходу й заходу світил і їх кульмінацій, дали людям природну одиницю лічби часу – **добу**.

Добове обертання Землі, визначаючи закономірність зміни дня та ночі, є не ідеально рівномірне. Відбувається вікове уповільнення внаслідок приливного тертя, спричиненого Місяцем і Сонцем. Від цього доба що століття збільшується на 0,0016 с.

Але астрономічні методи визначення часу не втратили свого значення, бо життя людей «прив'язане» до Землі. Тобто показники дуже точних годинників потрібно в багатьох випадках узгоджувати з природним процесом – тривалістю добового обертання Землі. Оскільки це обертання легко фіксувати з огляду на явище видимого обертання небесної сфери, то залежно від того, що беруть за орієнтир на небесній сфері, розрізняють різні точки відліку для основних систем лічби часу [3].

Для **визначення доби**, за допомогою світила або точки, фіксуючи моменти двох послідовних кульмінацій, якщо відомі їх положення на зоряному небі, в наш час користуються трьома допоміжними точками, а саме: *точкою весняного рівнодення, центром справжнього Сонця, точкою середнього Сонця*.

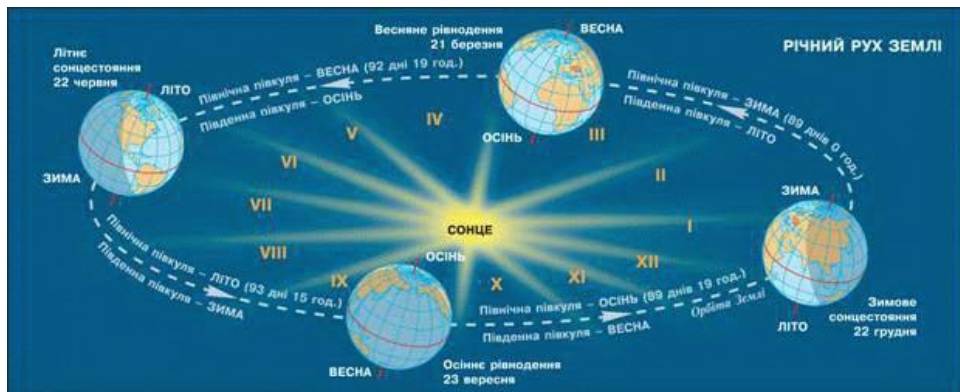


Рис. 1. Річний рух Землі

Тривалість доби, що визначена допомогою кожної з трьох точок, — різна, і тому доводиться вживати всі три одиниці часу — *зоряну добу, справжню сонячну добу і середню сонячну добу*. Вимірюваний ними час називається відповідно **зоряним, справжнім сонячним і середнім сонячним часом** [4].

**Зоряна доба** - це проміжок часу між двома послідовними верхніми кульмінаціями точки весняного рівнодення.

**Зоряний час** - це час  $s$ , що минув від верхньої кульмінації точки весняного рівнодення.

Зоряну добу розділено на 24 зоряних години, у кожній годині - 60 зоряних хвилин, у кожній хвилині - 60 зоряних секунд. Оскільки повний оберт Землі відносно точки  $\Upsilon$  становить  $360^\circ$ , то маємо таке співвідношення:  $1 \text{ год} = 15^\circ$ ,  $1^\circ = 4 \text{ хв}$ .

Зоряний час залежать від спостерігача, оскільки Земля обертається навколо своєї осі і на різних географічних меридіанах кульмінація точки весняного рівнодення настає в різні моменти. Для визначення зоряного часу у будь якого моменті, вводять величину  $s_0$  – зоряний час на нульовому гринвіцькому меридіані. Для спостерігача, який знаходиться на схід від Гринвіча зоряний час буде рівний:

$s = s_0 + \lambda$ , де  $\lambda$  – географічна довгота [5].

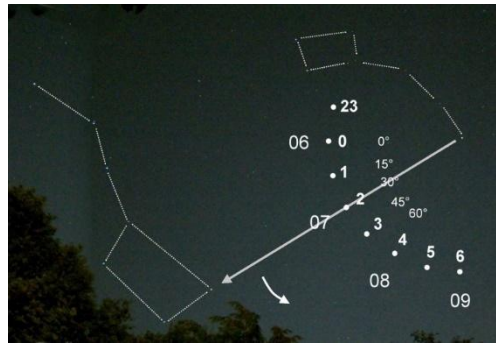


Рис. 2. Ілюстрація визначення зоряного часу

Вимірювати час, користуючись зоряною добою, найпростіше, проте повсякденний розпорядок життя людини пов'язаний з видимим положенням Сонця, його сходом, кульмінацією і заходом [5].

Початок справжньої сонячної доби на певному меридіані відлічують від моменту нижньої кульмінації Сонця.

Тривалість справжньої сонячної доби не є сталою величиною з двох причин: по-перше, Земля впродовж року рухається навколо Сонця по еліптичній орбіті, тобто нерівномірно, а отже, є нерівномірним і видимий річний рух Сонця серед зір; по-друге, Сонце рухається не вздовж небесного екватора, а по екліптиці, нахиленій до небесного екватора під значним кутом.

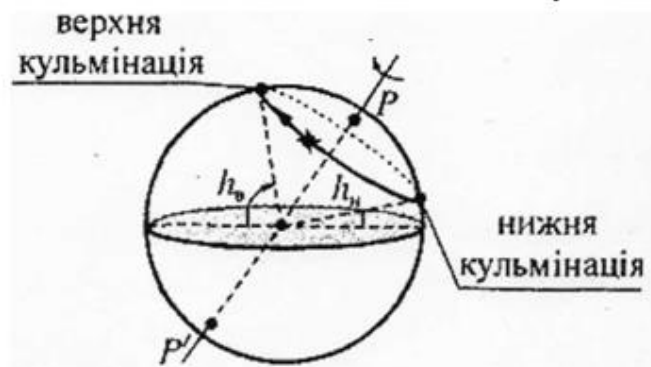


Рис. 3. Схема верхньої та нижньої кульмінації

Налаштувати точно годинник, щоб він показував справжній сонячний час – неможливо, тому виникла потреба запровадити сталу одиницю часу, пов'язану з Сонцем і яка мало відрізняється від справжньої сонячної доби. Для цього було введено поняття середнього сонця.

**Середнє Сонце** – фіктивна точка, що рівномірно рухається вздовж небесного екватора, і як і Сонце, за той самий проміжок часу (рік) повертається до точки весняного рівнодення ☉.

Час, визначений за середнім сонцем, називають **середнім сонячним часом** [3].

Справжня **сонячна доба** – це проміжок часу між двома послідовними однойменними кульмінаціями (верхніми і нижніми) центра Сонця на одному і тому ж географічному меридіані [7].

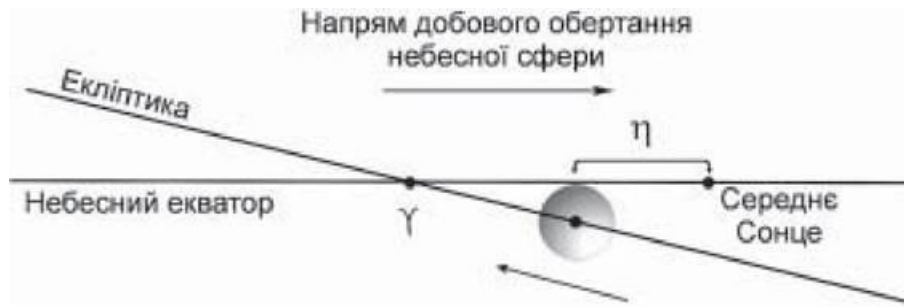


Рис. 4. Положення справжнього Сонця і середнього екваторіального Сонця в середині березня

**Середня сонячна доба** – це проміжок часу між двома послідовними нижніми кульмінаціями середнього Сонця.

Відомо, що сонячна доба має рівно 24 години сонячного часу, але тривалість сонячної доби довша, ніж зоряної.

21 березня центр диска Сонця збігається з точкою весняного рівнодення в момент її верхньої кульмінації.

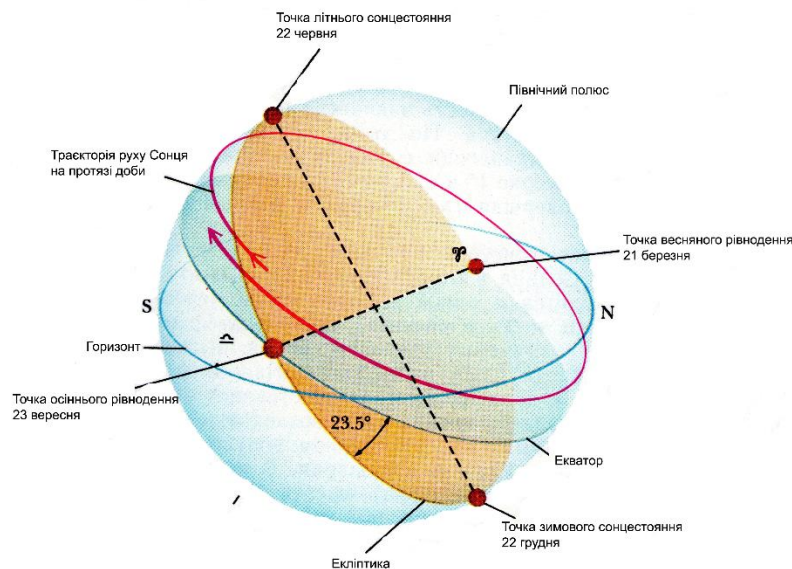


Рис. 5. Друга небесна екваторіальна система координат

Отже, **середній сонячний час**  $[T_{\lambda}]$  – це час, що минув від нижньої кульмінації середнього сонця.

Оскільки це фіктивна точка, то визначити середній сонячний час зі спостережень неможливо. Його можна лише обчислити.

Різницю між середнім сонячним часом  $T_{\lambda}$  і справжнім сонячним часом  $T$  називають **рівнянням часу**  $h = T_{\lambda} - T_{\odot}$  [6].

Рівняння часу – це різниця часових кутів середнього Сонця і справжнього Сонця. Рівняння часу – це кількість хвилин і секунд, які слід додати до справжнього (істинного) сонячного часу, щоб отримати середній час.

Оскільки Сонце кульмінує то раніше, то пізніше за середнє Сонце, рівняння часу може бути як додатною, так і від'ємною величиною.

Рівняння часу обертається в нуль чотири рази за рік – 15 квітня, 14 червня, 1 вересня і 24 грудня.

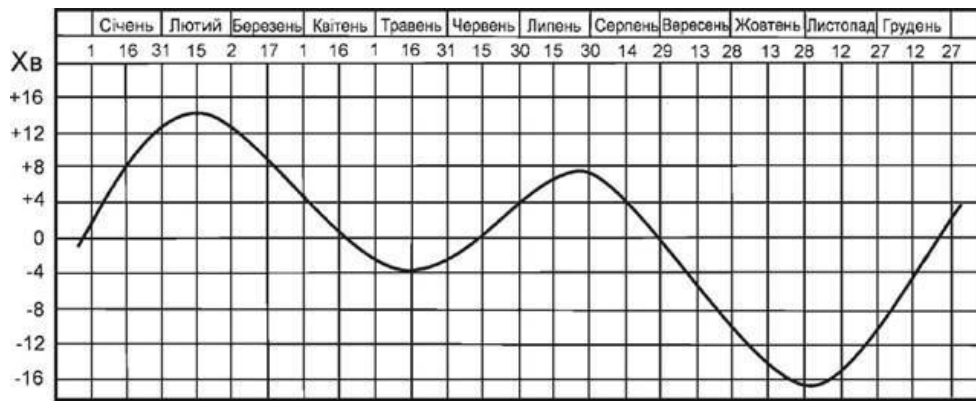


Рис. 6. Графік рівняння часу

З визначення часу  $T_{\odot}$  і  $T_{\lambda}$ , а також з домовленості про напрям відліку прямого піднесення  $\alpha$  бачимо, що виконується рівність:  $\eta = \alpha_{\odot} - \alpha_m$ , тобто рівняння часу дорівнює різниці між прямим піднесенням Сонця  $\alpha_{\odot}$  і прямим піднесенням «середнього Сонця»  $\alpha_m$  [8].

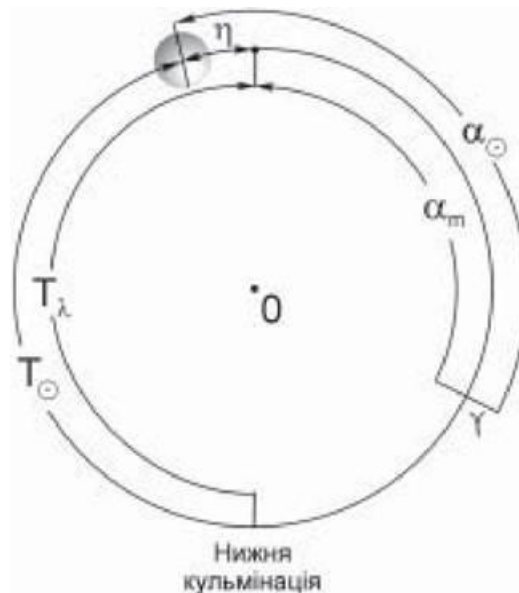


Рис. 7. Визначення рівняння часу через пряме піднесення справжнього Сонця і середнього екваторіального Сонця

Також вводять такі величини, як зоряний, тропічний, місцевий рік та інші.

Отже, з давніх давен людина сприймала час як періодичну зміну дня і ночі, а згодом і пір року. Саме тому вимірювали час спираючись на ці виміри. Періодичне обертання небесної сфери, повторення явищ сходу й заходу світил та їх кульмінацій дали людям природну одиницю часу - добу. Що і дало можливість визначати будь-яку систему лічби значних проміжків часу з поділом на окремі періоди (роки, місяці, дні). Власне астрономія виявила природні одиниці часу, які ми використовуємо й нині, а одним з її найважливіших завдань було і є визначення часу зі спостережень за світилами.

#### Список використаних джерел:

1. Co to jest czas? *Wszechnica* [Zasób elektroniczny]. - Tryb dostępu: <https://wszechnica.org.pl/wyklad/co-to-jest-czas/>.
2. Астрономія: для дітей серед. шк. віку / [авт.-упоряд. Д. А.Свечкар'юв]. - Харків : Фоліо, 2013. - 318, [10] с. : іл. - (Шкільна бібліотека. Дитяча енциклопедія). - Бібліогр.: с. 308-315.

3. Астрономія: навчальний посібник / М. В. Головка, І. П. Крячко. – К. : ТОВ «КОНВІ ПРІНТ», 2018. – 272 с.
4. Вимірювання часу. *Астрономічний сайт ІФМІ* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://astro-ifmi.org.ua/content/view/23/3/>
5. Климишин І. А., Крячко І.П. Астрономія: Підручник для 11 класу загальноосвітніх навчальних закладів – К.: Знання України, 2002. – 192 с.
6. АСТРОНОМІЯ - Навчальний посібник для профільної школи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://subject.com.ua/astronomy/golovko/12.html>.
7. Український астрономічний портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.astrosvit.in.ua/astroslovnyk/spravzhnia-soniachna-doba>.
8. КУРС ЗАГАЛЬНОЇ АСТРОНОМІЇ - С. М. Андрієвський. Частина І. Рух Сонця. Вимірювання часу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://subject.com.ua/astronomy/total/20.html>.

### BASIC TIME CONCEPTS OF ASTRONOMY

**Alina Danylevych** – 4th year of SVO student Bachelor of VSPU. M. Kotsyubynsky  
**Anastasiia Kovtun** – 4th year of SVO student Bachelor of VSPU. M. Kotsyubynsky

*The article provides an overview of the development of ideas about time. Causes the origin of time and ways to determine it. Research of astronomical periods and determination of the day with the help of auxiliary points. Also discusses star time calculation systems and the connection to average solar time.*

**Key words:** stellar time, upper and lower culmination, true solar time, average sun, average solar time, average solar time, time equation.