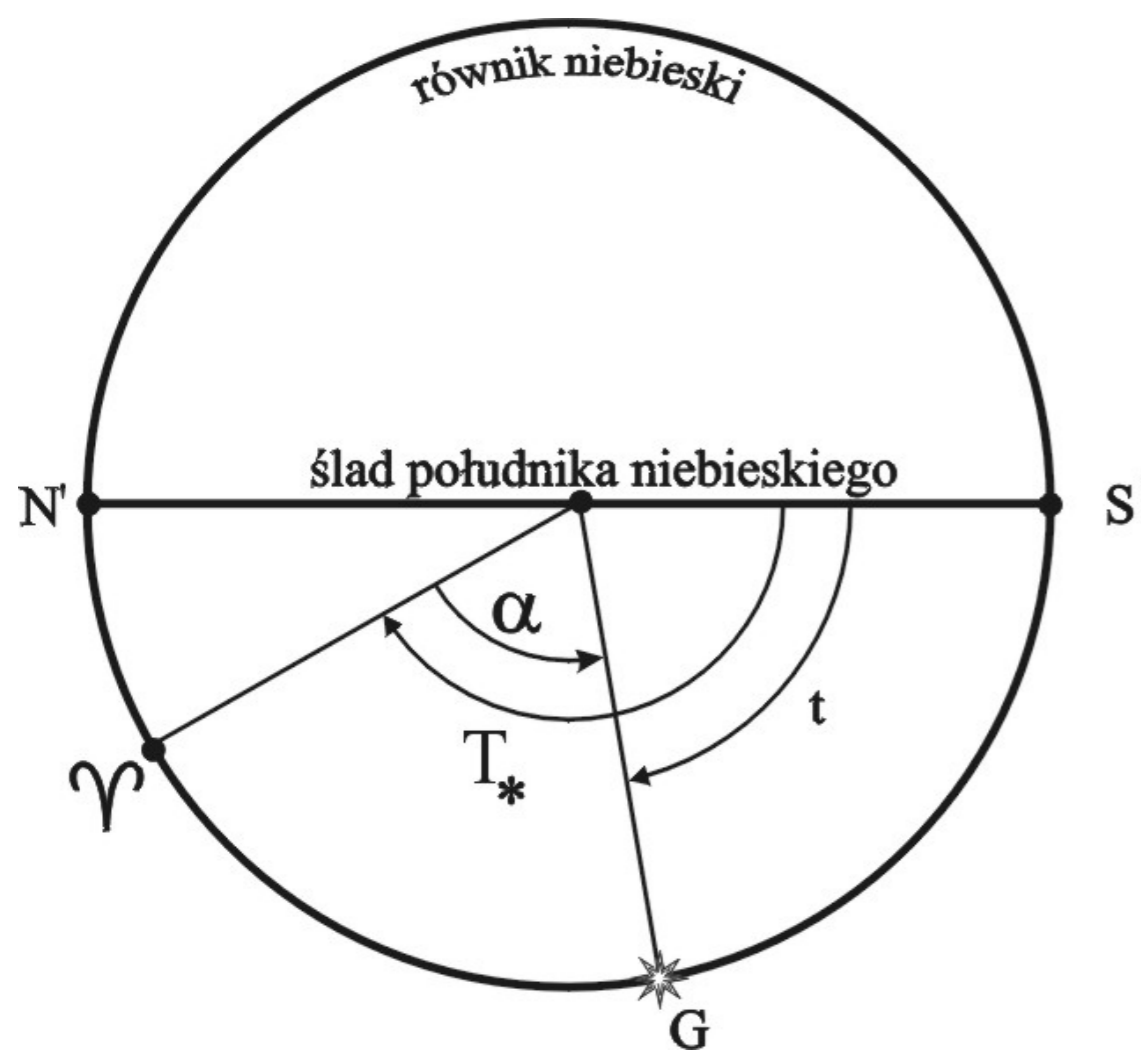


## Plansza nr 6

# Pojęcie czasu w astronomii

Czas definiujemy w astronomii jako kąt godzinny określonego obiektu. Obiektem takim może być ustalone ciało niebieskie lub jakiś wybrany punkt na niebie uczestniczący w ruchu dobowym. Kąt godzinny obiektu jest wielkością lokalną, czyli zależną od położenia obserwatora, toteż i czas zawsze odnosi się do określonego miejsca. Rozróżnia się w astronomii trzy podstawowe czasy miejscowe: czas gwiazdowy, czas prawdziwy słoneczny i czas średni słoneczny.

Lokalny **czas gwiazdowy** definiujemy jako kąt godzinny punktu równonocy wiosennej:  $T_* = t_\gamma$ .



Wobec tego, że punkt równonocy wiosennej (punkt Barana) niczym się nie wyróżnia na niebie i trudno go obserwować, wprowadza się definicję równoważną powyższej, mianowicie:  $T_* = t_* + \alpha_*$ , gdzie  $t_*$  i  $\alpha_*$  są to kąt godzinny i rektascensja dowolnej gwiazdy na niebie. Równoważność tej definicji czasu gwiazdowego z poprzednią obrazuje rysunek, z którego wprost wynika, że  $t_\gamma = t_* + \alpha_*$ . Z ostatniej definicji widać, że czas gwiazdowy najprościej się wyraża dla gwiazd górujących. Dla tych gwiazd, które w danej chwili właśnie górują kąt godzinny  $t_* = 0$ , zatem:  $T_* = \alpha_*$  górujących

Czas gwiazdowy odmierza się w latach, miesiącach, dobach, godzinach, minutach i sekundach gwiazdowych. Doba gwiazdowa podzielona jest na 24 godziny gwiazdowe i jest zdefiniowana jako przedział czasu pomiędzy dwoma kolejnymi górowaniami punktu Barana.

Lokalny **czas prawdziwy słoneczny** definiuje się jako kąt godzinny środka tarczy Słońca powiększony o 12 godzin prawdziwych słonecznych:  $T_\odot = t_\odot + 12^h$

Z takiej definicji wynika, że czas prawdziwy słoneczny w czasie górowania Słońca (czyli gdy  $t_\odot = 0$ ) wynosi 12 godzin. Przedział czasu między dwoma kolejnymi dołowaniami Słońca nazywamy dobą prawdziwą słoneczną. Dzieli się ona z kolei na godziny, minuty i sekundy czasu prawdziwego słonecznego.

Słońce w swoim ruchu rocznym (będącym następstwem ruchu obiegowego Ziemi dookoła Słońca) na tle gwiazd przesuwają się zwiększając każdego dnia swoją rektascensję o około 4 minuty (jako równoważność  $1^\circ$  zgodnie z zasadą, że  $360^\circ$  odpowiada 24 godziny). Dobowy przyrost rektascensji Słońca nie jest jednak stały. Wynika to po pierwsze z tego, że ruch orbitalny Ziemi, odbywający się po elipsie, w jednym z ognisk której znajduje się Słońce, nie jest jednostajny. Ruch ten jest szybszy, gdy Ziemia znajduje się w okolicy peryhelium, a wolniejszy dla Ziemi będącej w pobliżu aphelium. Drugi powód niejednostajnego narastania rektascensji Słońca w jego ruchu rocznym wynika z tego, że nawet jednakowe (a nie są jednakowe jak dopiero co zostało pokazane) przyrosty długości ekliptycznej Słońca nie pozostaną jednakowe po zrzutowaniu ich na równik niebieski, wzdłuż którego liczona jest rektascensja. Niejednostajność w narastaniu rektascensji Słońca spowoduje w naturalny sposób zmienne w ciągu roku tempo narastania jego kąta godzinnego. W rezultacie będziemy mieć do czynienia z różnymi długościami doby (mierzonej czasem jednostajnie upływającym, np. wskazywanym przez zegary atomowe) w zależności od pory roku. Zegary słoneczne, które odmierzały lokalny czas prawdziwy słoneczny, nie wskazywały czasu jednostajnie upływającego. Doba prawdziwa słoneczna (a zatem i godzina i minuta i sekunda) nie jest stała. W związku z niejednostajnym upływem czasu prawdziwego słonecznego wprowadzono lokalny **czas średni słoneczny**. Czas ten odmierza się powiększonym o 12 godzin średnich słonecznych kątem godzinnym tzw. słońca średniego:  $T_\odot = t_\odot + 12^h$

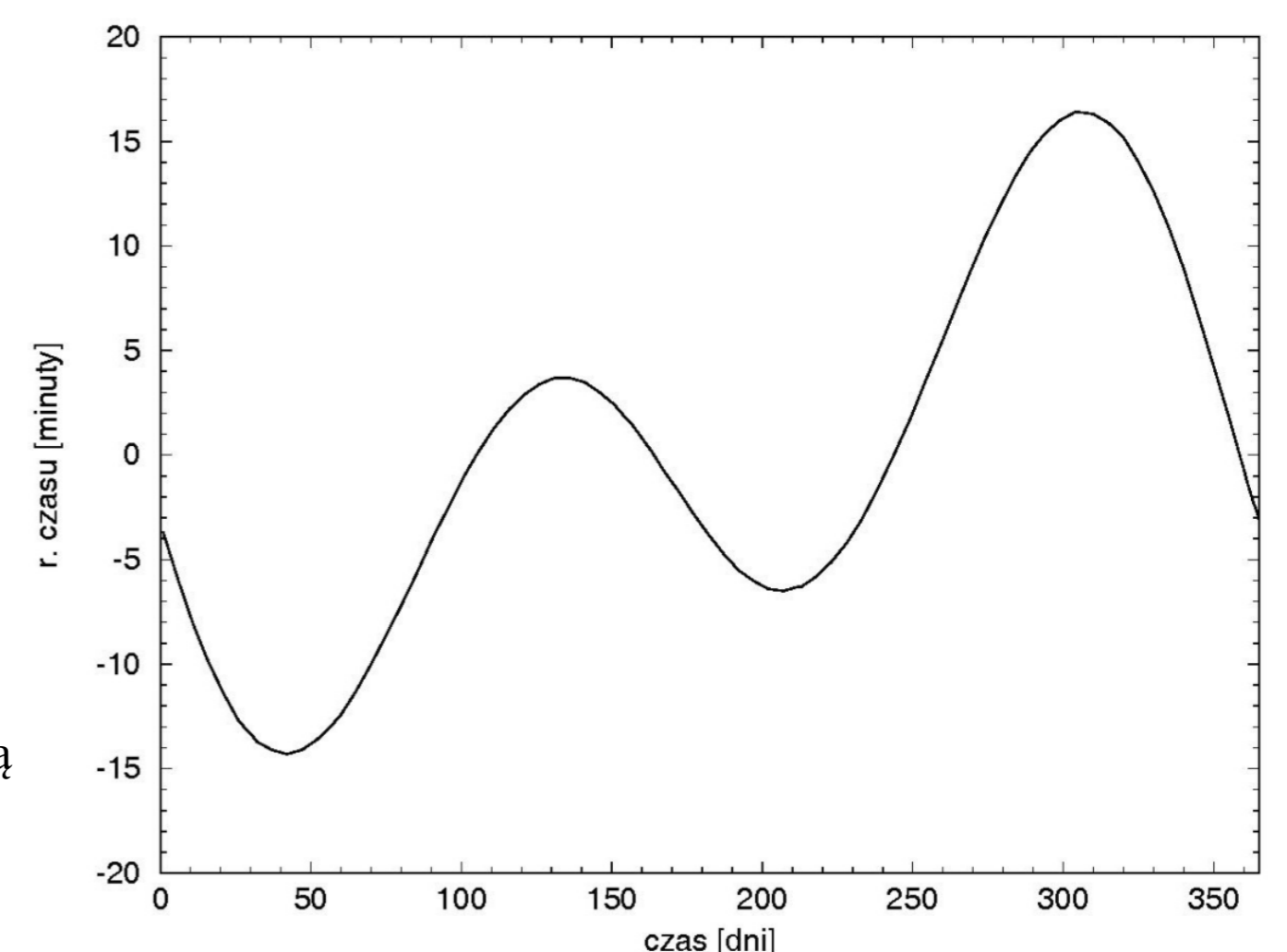
**Słońcem średnim** ( $\ominus$ ) nazywamy fikcyjny punkt przesuwający się na tle gwiazd ze stałą prędkością kątową równą średniej prędkości kątowej Słońca na sferze niebieskiej, przy czym przesuwanie odbywa się nie po ekliptyce (jak to jest w przypadku prawdziwego Słońca), ale po równiku niebieskim. Gdyby Ziemia wirowała z niezmienną prędkością kątową, to czas średni słoneczny upływałby jednostajnie i nie zachodziłaby potrzeba definiowania jeszcze innych czasów.

Doba średnia słoneczna jest to odstęp czasu dzielący momenty kolejnych dołowań słońca średniego. Dzieli się na 24 godziny średnie słoneczne. Korzystając z definicji czasu gwiazdowego można wyprowadzić relację wiążącą czas prawdziwy słoneczny i średni słoneczny. Możemy zapisać czas gwiazdowy na dwa sposoby:  $T_* = t_\odot + \alpha_\odot$  oraz  $T_* = t_\ominus + \alpha_\ominus$

W oparciu o definicje czasów prawdziwego i średniego słonecznego oraz w oparciu o powyższe wyrażenia na czas gwiazdowy możemy zapisać:  $T_\odot - T_\ominus = t_\odot - t_\ominus = \alpha_\odot - \alpha_\ominus = \Delta\alpha$

gdzie  $\Delta\alpha$  nazywamy **równaniem czasu** (tradycyjny w astronomii termin „równanie czasu” nie jest używany w sensie równania matematycznego, lecz w sensie pewnej wartości liczbowej; taka nazwa bierze się stąd, że odjęcie  $\Delta\alpha$  od nierówno upływającego czasu prawdziwego słonecznego sprawia, że otrzymujemy równo płynący czas średni słoneczny). Równanie czasu jest parametrem zmieniającym się w czasie. Roczny przebieg tych zmian obrazuje poniższy rysunek.

Czas średni słoneczny południka zerowego (przechodzącego przez Greenwich koło Londynu) nazywa się **czasem uniwersalnym** UT (ang. Universal Time). Posługiwanie się czasem lokalnym w życiu codziennym byłoby bardzo uciążliwe, gdyż przy małych nawet przemieszczeniach wzdłuż ziemskich równoleżników należałoby przestawiać zegarki. Dla złagodzenia tego problemu ustanowiono tzw. **strefy czasowe**. Oprócz południka zerowego, dla którego odmierza się czas uniwersalny, wyróżniono też inne południki strefowe, odległe od siebie po  $15^\circ$  w długości geograficznej. Cały glob ziemski został podzielony na 24 15-stopniowe strefy w taki sposób, że południki strefowe przebiegają przez środki odpowiadających im stref. Południk zerowy reprezentuje strefę czasową obejmującą obszary o długości geograficznej  $\lambda$  należącej do przedziału od  $-7.5^\circ$  do  $7.5^\circ$ . Strefa czasu środkowoeuropejskiego (południk  $\lambda = -15^\circ$ ) obejmuje obszary o długościach geograficznych z przedziału od  $-22.5^\circ$  do  $-7.5^\circ$ . W całym obszarze strefy przyjmuje się jako obowiązujący ujednolicony czas równy czasowi lokalnemu dla południka strefowego. Podział na 24 strefy oznacza, że czasy strefowe różnią się między sobą o całkowitą ilość godzin, a minuty i sekundy pozostają we wszystkich strefach takie same. Od przytoczonego idealnego podziału globu ziemskiego na strefy czasowe czyni się z reguły odstępstwa usprawiedliwione względami praktycznymi, zwykle w związku z takim a nie innym podziałem administracyjnym czy ukształtowaniem terenu. Poza tym, w wielu krajach (w tym również i w Polsce), stosuje się sezonowo tzw. czasy letnie, które różnią się od przysługujących typowo czasów strefowych na ogół o jedną godzinę. **Czas letni** stosowany w Polsce jest to czas wschodnioeuropejski, czyli czas odpowiadający strefie długości geograficznych w zakresie od  $-37.5^\circ$  do  $-22.5^\circ$ . Przy przejściach z czasu letniego na typowy dla Polski czas środkowoeuropejski (nazywany potocznie „zimowym”) należy zegarki cofnąć o jedną godzinę (zyskujemy na czasie, „śpimy dłużej”). Przy przejściu na czas letni musimy wskazówki zegarów przesunąć o jedną godzinę do przodu (tracimy na czasie, „śpimy krócej”).



Pomiędzy zdefiniowanymi wcześniej czasami lokalnymi istnieje możliwość dokonywania przejść, przy wykorzystaniu definicji równania czasu oraz definicji samych czasów lokalnych. Mając np. pomierzony miejscowy czas gwiazdowy  $T_*$ , dwa pozostałe czasy otrzymamy z następujących wzorów:  $T_\odot = 12^h + T_* - \alpha_\odot$  oraz  $T_\ominus = 12^h + T_* - \alpha_\ominus - \Delta\alpha$

Podobnie, gdy mamy miejscowy czas prawdziwy słoneczny  $T_\odot$ , to pozostałe czasy wyliczymy używając wzorów:  $T_* = T_\odot - 12^h + \alpha_\odot$  oraz  $T_\ominus = T_\odot - \Delta\alpha$

Znając czas średni słoneczny  $T_\ominus$  w danym miejscu możemy przejść na pozostałe czasy używając z kolei formuł:  $T_* = T_\ominus - 12^h + \alpha_\odot + \Delta\alpha$  oraz  $T_\odot = T_\ominus + \Delta\alpha$

Istnieje ścisły związek pomiędzy długością geograficzną miejsca a czasem lokalnym. Okazuje się bowiem, że suma długości geograficznej i lokalnego (czyli dla tejże długości geograficznej) czasu (bez różnicy czy użyjemy czasu gwiazdowego, czy któregoś ze słonecznych) jest stała, niezależnie od miejsca na Ziemi. Łatwo to zauważyć posiłkując się rysunkiem.

Z rysunku widać, że  $t_G = t_M + \lambda_M$ , a zatem, wobec dowolności wyboru punktu M,  $t_G = t_1 + \lambda_1 = t_2 + \lambda_2$

Mamy więc:  $t_1 - t_2 = \lambda_2 - \lambda_1$ , albo też w oparciu o definicje poszczególnych czasów lokalnych:

$$T_{\odot 1} - T_{\odot 2} = \lambda_2 - \lambda_1 \quad T_{\ominus 1} - T_{\ominus 2} = \lambda_2 - \lambda_1 \quad T_{* 1} - T_{* 2} = \lambda_2 - \lambda_1$$

Nie tylko ruch wirowy Ziemi może służyć za podstawę rachuby czasu. Wśród innych zjawisk okresowych, łatwo dostępnych obserwacjom, na uwagę zasługuje ruch obiegowy Księżyca wokół Ziemi leżący u podstaw definicji miesiąca, a także ruch obiegowy Ziemi dookoła Słońca będący podstawą definicji roku. Zarówno miesiąc jak i rok można definiować w różny sposób. Oto ważniejsze definicje:

**miesiąc synodyczny** (leżący u podstaw kalendarzowej rachuby czasu) — okres pełnego cyklu faz Księżyca, np. odstęp czasu dzielący kolejne nowie lub pełnie Księżyca, wynoszący średnio  $29^d 12^h 44^m 3^s$ ,

**miesiąc sydereczny (gwiazdowy)** — okres pełnego obiegu Księżyca wokół Ziemi, czas po upływie którego Księżyc powróci do tego samego miejsca na tle gwiazd, wynoszący średnio  $27^d 7^h 43^m 11^s$ ,

**miesiąc smoczy** — okres pomiędzy dwoma kolejnymi przejściami Księżyca przez ten sam węzeł orbity, wynoszący średnio  $27^d 5^h 5^m 36^s$ ,

**miesiąc anomalistyczny** — okres pomiędzy dwoma kolejnymi przejściami Księżyca przez perygeum, wynoszący średnio  $27^d 13^h 18^m 37^s$ ,

**rok zwrotnikowy** (leżący u podstaw kalendarzowej rachuby czasu) — odstęp czasu między dwoma kolejnymi przejściami Słońca przez punkt Barana (czyli okres powtarzania się pór roku), wynoszący  $365^d 5^h 48^m 46^s$  ( $365.2422$  dób średnich słonecznych),

**rok gwiazdowy** — okres, po którym Słońce przemierzy całą ekliptykę i znowu znajdzie się na tle tych samych gwiazd, wynoszący  $365^d 6^h 9^m 10^s$  ( $365.2564$  dób średnich słonecznych),

**rok anomalistyczny** — okres między dwoma kolejnymi przejściami Ziemi przez peryhelium jej orbity wynoszący średnio  $365^d 5^h 48^m 46^s$ ,

**rok zaćmieniowy** — okres upływający między kolejnymi przejściami Słońca przez ten sam węzeł orbity Księżyca, wynoszący  $346.6200$  dób średnich słonecznych.

