

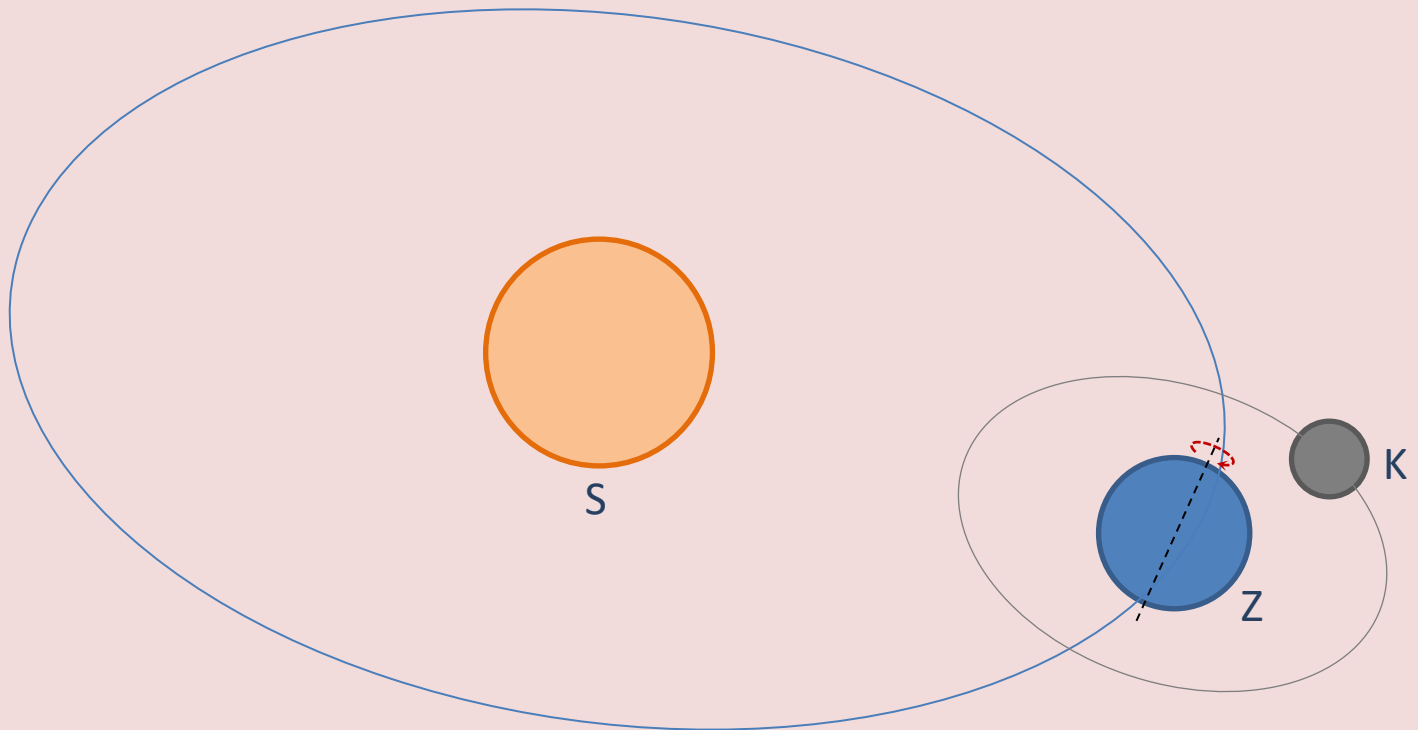
Podstawy Astronomii 1

czas

czas

Trzy podstawowe jednostki czasu zdefiniowane astronomicznie:

- doba (obrót Ziemi wokół osi)
- miesiąc (obieg Księżyca wokół Ziemi)
- rok (obieg Ziemi wokół Słońca)



czas

Rodzaje czasów związanych z obrotem Ziemi wokół osi:

- **czas lokalny** – związany z kątem godzinnym Słońca lub punktu Barana w danej lokalizacji na Ziemi. Rozróżniamy następujące czasy lokalne:

- **gwiazdowy** (T_1)
- **prawdziwy słoneczny** (T_2)
- **średni słoneczny** (T_3)

Dla wszystkich miejsc położonych na tym samym południku geograficznym (ten sam południk niebieski) każdy z powyższych czasów lokalnych jest ten sam.

- **czas strefowy** – związany z kątem godzinnym Słońca średniego na południku środkowym danej strefy czasowej.

Czas

Czas gwiazdowy, T_1

Czas gwiazdowy to kąt godzinny punktu Barana t_γ

$$T_1 = t_\gamma$$

Punkt Barana jest jednak obiektem nieobserwowalnym (punkt matematyczny). Praktyczny sposób określenia czasu T_1 opiera się o pomiar kąta godzinnego t gwiazdy o znanej rektascensji α :

$$T_1 = t_\gamma = \alpha + t$$

W momencie górowania gwiazdy jej $t = 0^h$. Wtedy:

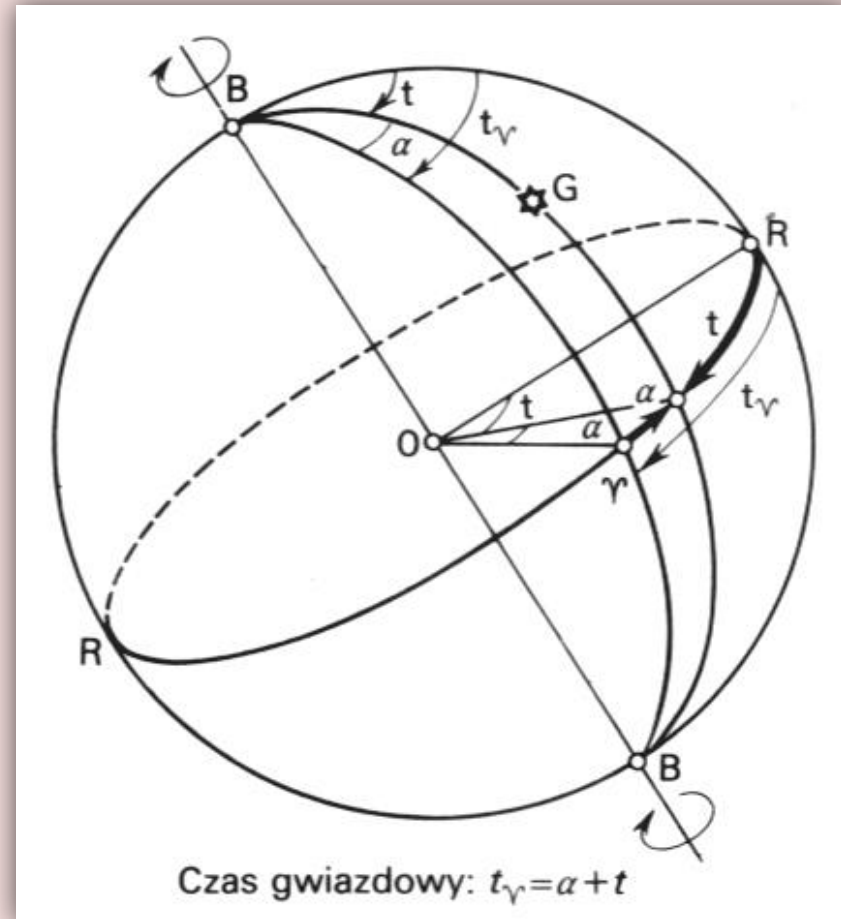
$$T_1 = \alpha$$

tj. czas gwiazdowy jest równy rektascensji gwiazd górujących w danym momencie.

Doba gwiazdowa to odstęp czasu pomiędzy kolejnymi górowaniami punktu Barana.

Doba gwiazdowa trwa 24 godziny gwiazdowe.

mniejsze jednostki czasu: $1^h = 60^m$, $1^m = 60^s$, 1^s , milisekunda,...



czas

Czas słoneczny prawdziwy, T_2

Czas słoneczny prawdziwy to kąt godzinny środka tarczy Słońca powiększony o 12^h .

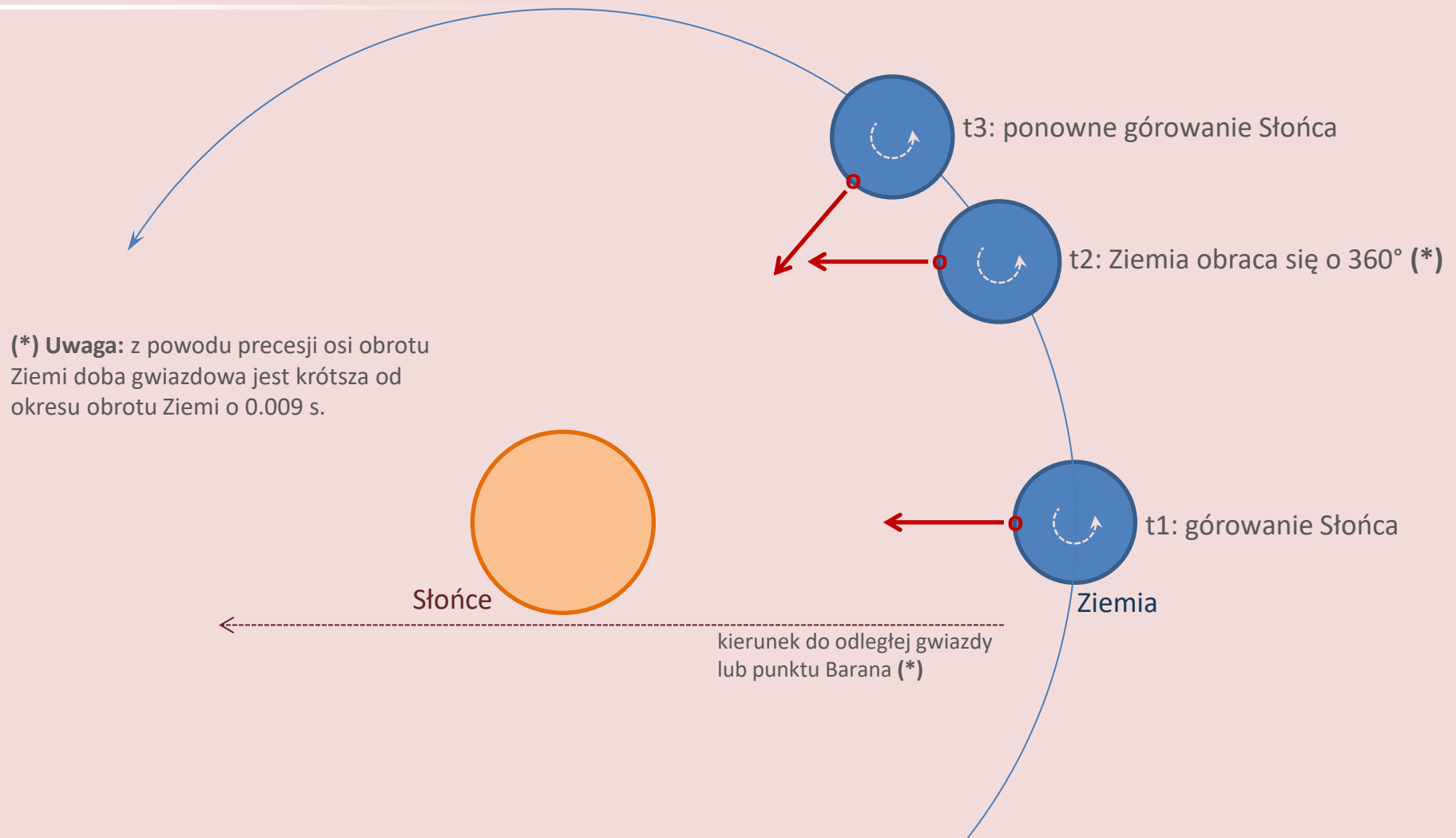
$$T_2 = t_s + 12^h$$

Bez dodania 12^h początek doby słonecznej ($T_2=0$) przypadałby na moment górowania Słońca. Z dodanymi 12^h doba słoneczna zaczyna się w momencie dołowania Słońca.

Doba słoneczna to odstęp czasu pomiędzy dwoma kolejnymi dołowaniem Słońca.

Doba słoneczna trwa 24 godziny słoneczne.

czas



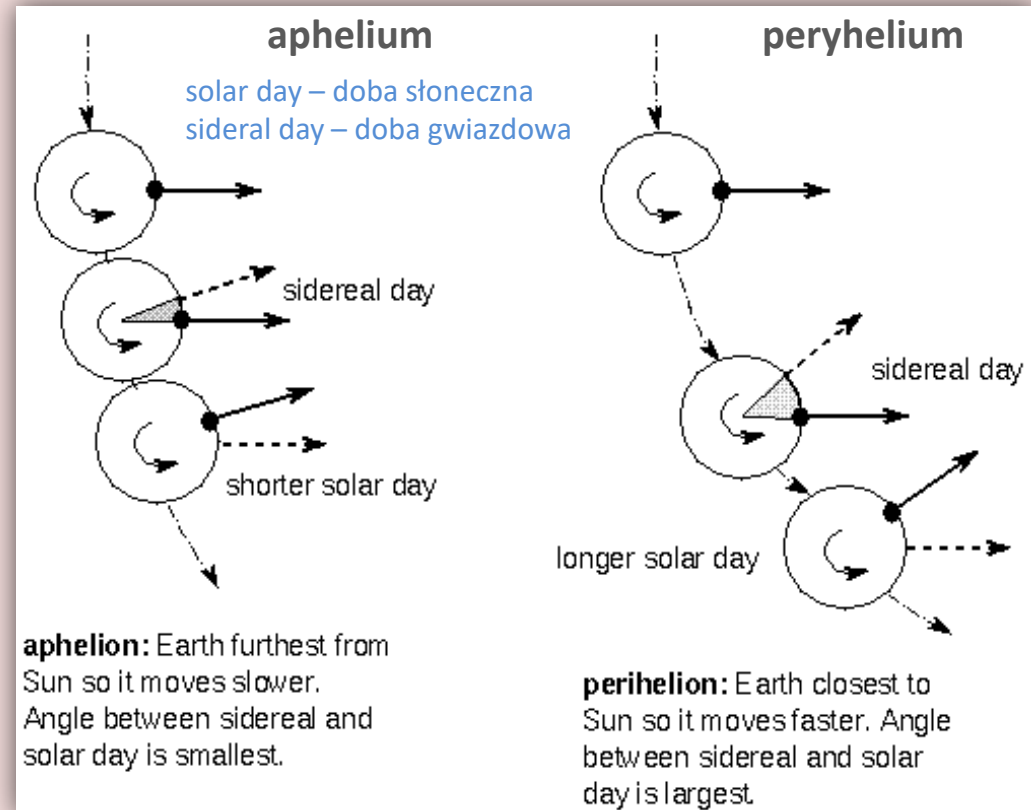
Obieg Ziemi po orbicie powoduje, że doba słoneczna i gwiazdowa nie są równe sobie:

- **doba słoneczna**, na rysunku $t3-t1 = 24^h$ (godziny słoneczne)
- **doba gwiazdowa**, na rysunku czas $t2-t1 = 24^h$ (godziny gwiazdowe) = $23^h 56^m 4^s$ (średnio w jednostkach czasu słonecznego)

Czas

Doba słoneczna a gwiazdowa

- Doba słoneczna jest dłuższa od doby gwiazdowej.
- Długość doby gwiazdowej jest stała w ciągu roku (stały okres obrotu Ziemi) (*)
- Długość doby słonecznej jest zmienna w ciągu roku. To efekt eliptyczności orbity Ziemi. Będąc bliżej Słońca (peryhelium) Ziemia pokonuje większą drogę w czasie 1 doby gwiazdowej niż gdy jest dalej od Słońca (aphelium). Doba słoneczna w peryhelium jest dłuższa o około 50 sekund od doby słonecznej w aphelium.



(*) – okres obrotu Ziemi ulega powolnemu wydłużaniu o około 0.00164 s na 100 lat w skutek działania sił pływowych oraz drobnym wahaniom rzędu 1 ms w krótszych skalach czasowych np. roku. Zmiany te są na tyle małe, że możemy je tu pominąć.

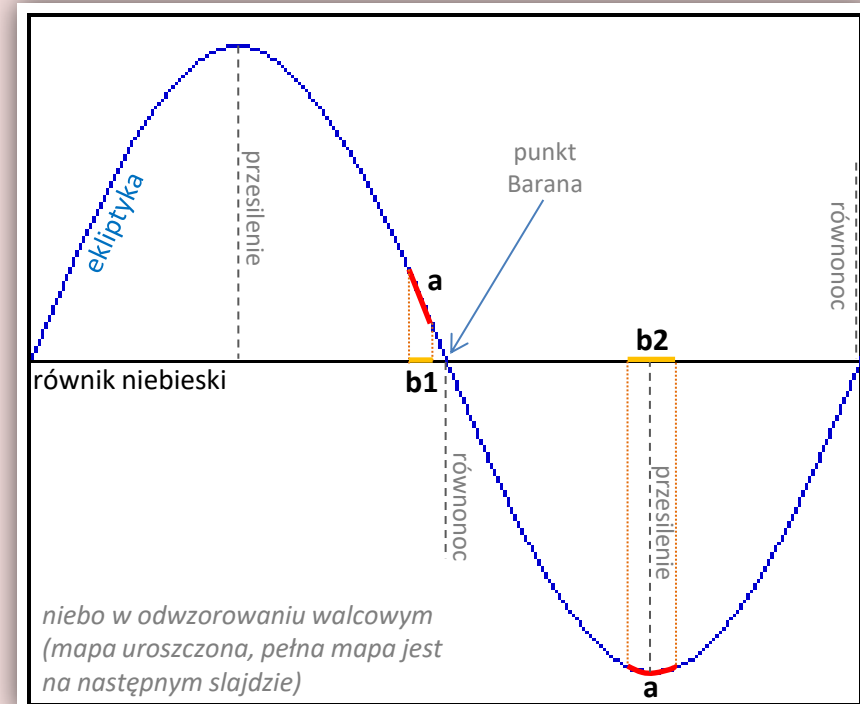
czas

Słońce nie przesuwa się po niebie jednostajnie, więc czas oparty o jego ruch płynie niejednostajnie. Przyczyny:

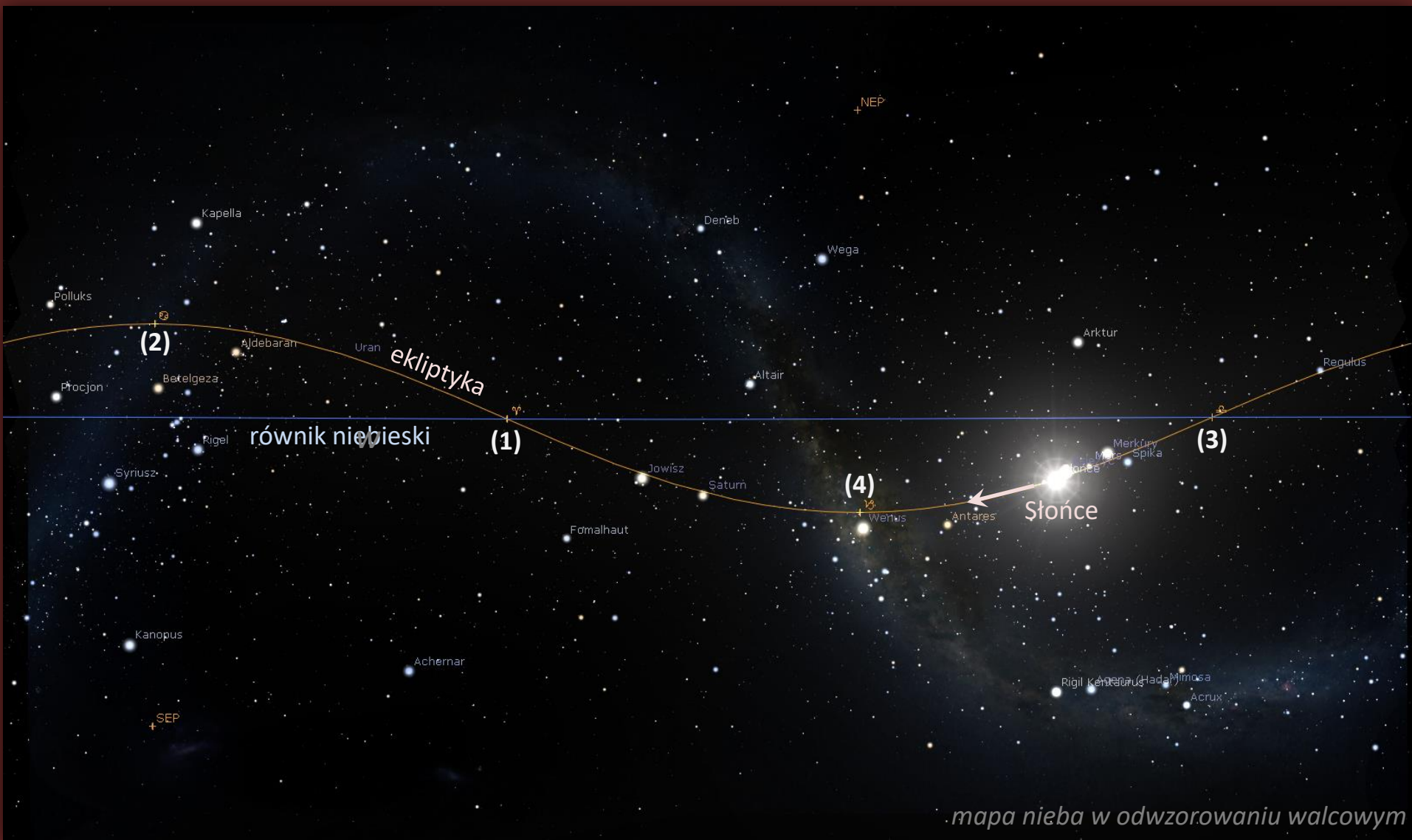
- **eliptyczność orbity Ziemi** – ruch Ziemi po orbicie nie jest jednostajny (II prawo Keplera). Najszybciej Ziemia przemieszcza się w peryhelium, najwolniej w aphelium. Pozorny ruch Słońca po niebie będzie wykazywał analogiczne zachowanie.
- **nachylenie ekliptyki do równika** – dobowe przemieszczenia Słońca po ekliptyce mają różny rzut na równik niebieski. Kąt godzinny mierzony jest wzdłuż równika niebieskiego, natomiast Słońce porusza się po ekliptyce odchylonej od równika o kąt ε . Największe przesunięcia dobowe rzutowane na równik występują około przesileń, najmniejsze około równonocy. W efekcie ruch Słońca rzutowany na równik jest niejednostajny.

Aby uniknąć niejednostajnego upływu czasu słonecznego wprowadzono **Słońce średnie** – punkt matematyczny poruszający się po równiku niebieskim ze stałą prędkością kątową $0^{\circ}.9856473/\text{dobę}$.

Te same przesunięcia dobowe Słońca wzdłuż ekliptyki (odcinki a na rysunku) przekładają się na różne przesunięcia dobowe wzdłuż równika (odcinki b1 i b2, $b1 < b2$).



sfera niebieska



ekliptyka – rzut orbity Ziemi na sferę niebieską, tor zakreślany przez Słońce na niebie w ciągu roku (dla obserwatora na Ziemi)

(1), (3) – punkty równonocy

(2), (4) – punkty przesilenń

Czas

Czas słoneczny średni, T_3

Czas słoneczny średni to kąt godzinny Słońca średniego powiększony o 12^h .

$$T_3 = t_{s\acute{s}r} + 12^h$$

Doba średnia słoneczna to odstęp czasu pomiędzy dwoma kolejnymi dołowaniem Słońca średniego.

Doba średnia słoneczna trwa 24 godziny słoneczne.

Czas

Relacja między czasem słonecznym prawdziwym i średnim

Słońce prawdziwe w niektórych okresach roku wyprzedza Słońce średnie, a w innych jest za nim. Różnica rektascensji Słońca średniego ($\alpha_{S\acute{s}r}$) i prawdziwego (α_S) w dowolnym momencie:

$$\Delta\alpha = \alpha_{S\acute{s}r} - \alpha_S$$

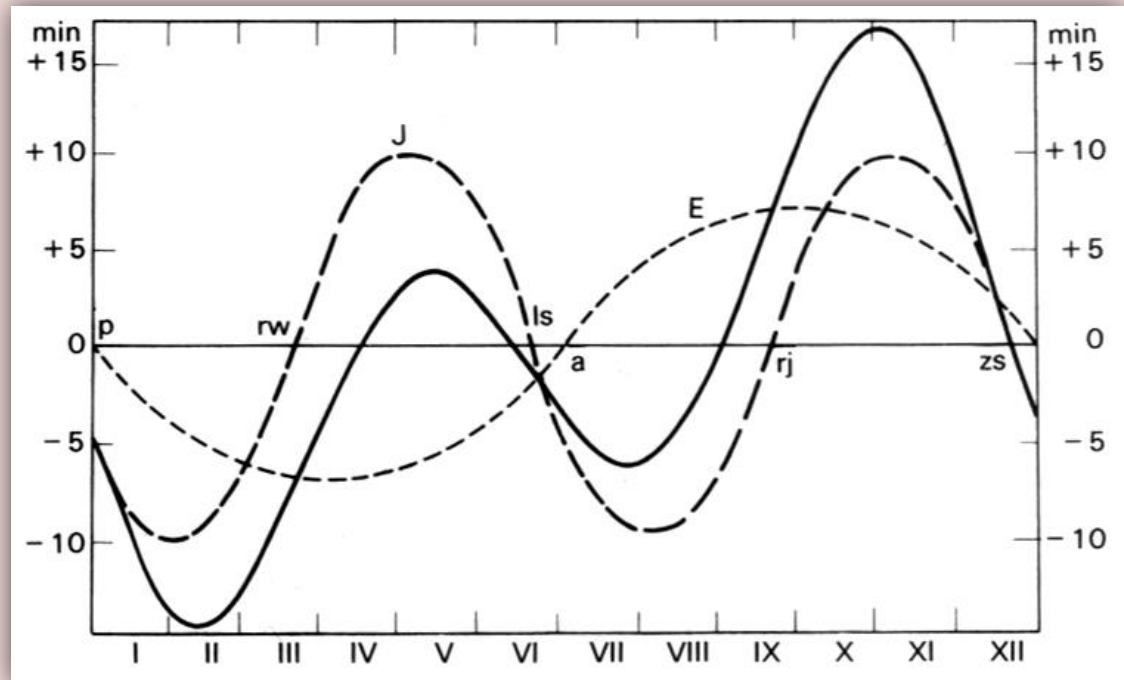
Korzystając z def. czasu gwiazdowego T1:

$$t_{S\acute{s}r} + \alpha_{S\acute{s}r} = T_1 = t_S + \alpha_S$$

stąd

$$\Delta\alpha = t_S - t_{S\acute{s}r} = T_2 - T_3$$

Różnica $\Delta\alpha$ nazywana jest **równaniem czasu**.



Wykres równania czasu (linia ciągła) oraz składowych: efekt eliptyczności orbity (linia przerywana krótka), efekt nachylenia ekliptyki do równika niebieskiego (linia przerywana długa)

czas

Przeliczenia między czasami

Czas gwiazdowy T_1 na słoneczny prawdziwy T_2 :

użyj równania $t_s = T_1 - \alpha_s$, a następnie $T_2 = t_s + 12^h$

W drugą stronę:

użyj równania $t_s = T_2 - 12^h$, a następnie $T_1 = t_s + \alpha_s$

Wartość α_s dla zadanej daty odczytaj z tablic (*).

Czas słoneczny prawdziwy T_2 na słoneczny średni T_3 :

użyj równania $T_2 - \Delta\alpha = T_3$

w drugą stronę:

użyj równania $T_3 + \Delta\alpha = T_2$

Wartość $\Delta\alpha$ dla zadanej daty odczytaj z wykresu lub tablic (*).

(*) np.: www.urania.edu.pl/almanach

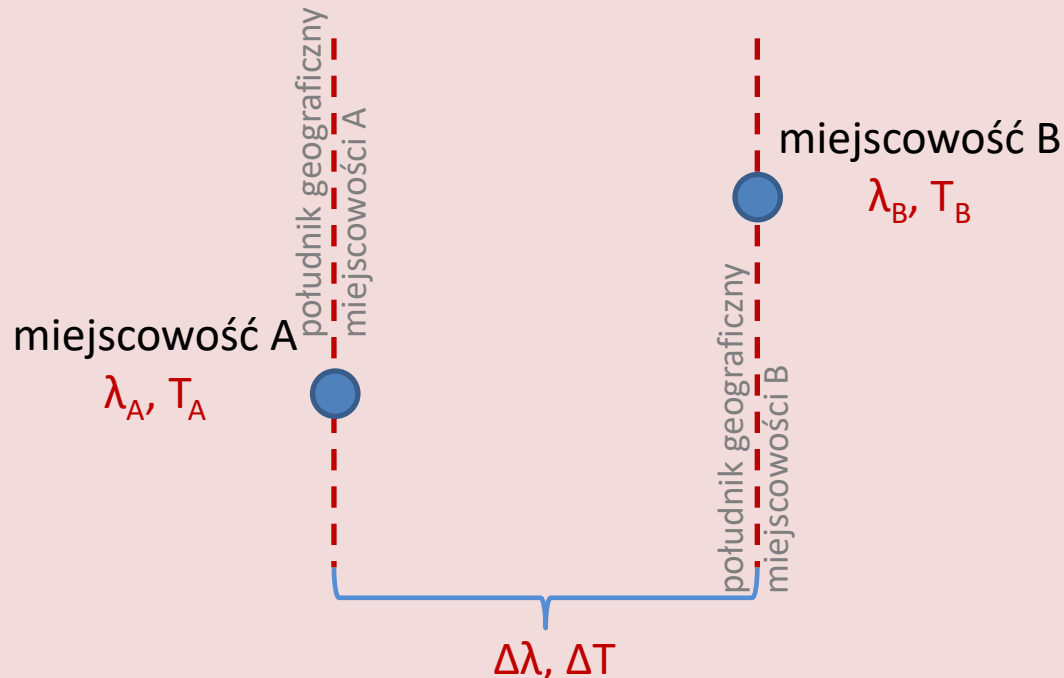
czas

Czasy T_1 , T_2 , T_3 to czasy lokalne. Wszystkie miejsca położone na tym samym południku geograficznym mają ten sam czas T_1 , T_2 i T_3 (ten sam południk niebieski, te same kąty godzinne).

Jeśli dwa miejsca położone są na różnych południkach geograficznych, to różnica czasów lokalnych w tych miejscach jest równa różnicy długości geograficznej tych miejsc $\Delta\lambda$:

$$\Delta\lambda = \Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta T_3 \quad (\Delta\lambda \text{ należy wyrazić w mierze czasowej})$$

Posługiwanie się czasami lokalnymi na co dzień nie jest praktyczne – każde, nawet drobne przemieszczenie się w kierunku W lub E oznaczałoby konieczność zmiany czasu na zegarkach.



Stopniowo od ok. połowy XIX w., z powodów praktycznych, następowało ujednocianie i standaryzacja czasu w obrębie poszczególnych krajów.

Międzynarodowa Konferencja Południkowa (Waszyngton, 1884 r.) wprowadziła południk zerowy (obserwatorium w Greenwich), co pozwoliło ujednoczyć wyznaczanie dł. geograficznej i standaryzację czasu.

Pomysł podziału Ziemi na **24 strefy czasowe o rozpiętości 15°** w długości geograficznej każda pojawił się w połowie XIX w. Stopniowo pomysł ten był wprowadzany w życie oddolnie przez poszczególne państwa.

Do początku lat `30 XX w. większość krajów przeszła na czasy standardowe oparte o czas południka zero.

W każdej strefie obowiązuje **lokalny średni czas słoneczny dla centralnego południka** strefy, np.:

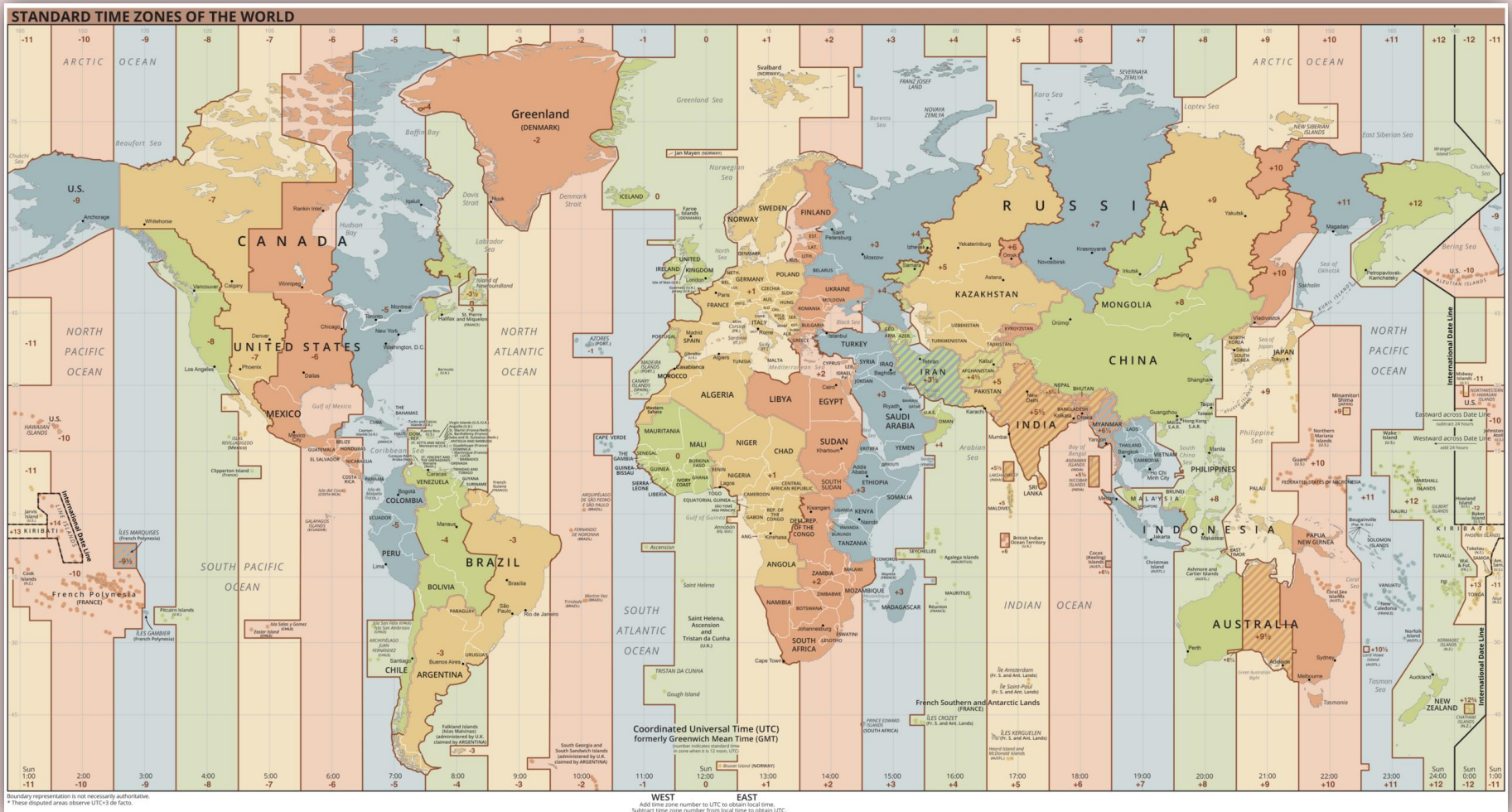
- strefa czasu UT (czas uniwersalny), południk centralny $\lambda = 0^\circ$
- strefa czasu CET=UT+1h (czas środkowoeuropejski), południk centralny $\lambda = +15^\circ$ (nasz czas zimowy)
- strefa czasu EET=UT+2h (czas wschodnioeuropejski), południk centralny $\lambda = +30^\circ$ (nasz czas letni, inaczej CEST)

Związek między czasem strefowym a lokalnym średnim słonecznym na przykładzie Wrocławia (dł. geograficzna λ_{Wro}):

$$T_3 = T_{CET} + (\lambda_{Wro} - 15^\circ) \quad T_3 = T_{CEST} - 1h + (\lambda_{Wro} - 15^\circ)$$

Czasy strefowe nie mają idealnego przebiegu południkowego. Granice stref zostały dostosowane do granic państwowych i administracyjnych.

(mapa w pełnej rozdzielczości commons.wikimedia.org/wiki/File:World_Time_Zones_Map.png)



Międzynarodowa linia zmiany daty – linia częściowo pokrywająca się z południkiem 180°.

Jej przekroczenie ze wschodu na zachód wymaga dodania 1 dnia do daty.

Jej przekroczenie z zachodu na wschód wymaga odjęcia 1 dnia do daty.

zobacz: youtu.be/W2VXretIDcA

czas

Podstawowe jednostki czasu pochodzące od zjawisk astronomicznych:

- **średnia doba słoneczna** (24^h) – odstęp czasu pomiędzy kolejnymi dołowaniami Słońca średniego
- **miesiąc synodyczny** ($29^d 12^h 44^m 03^s$) – średni odstęp czasu pomiędzy kolejnymi nowiami Księżyca
- **rok zwrotnikowy** ($365^d 05^h 48^m 46^s$) – odstęp czasu pomiędzy kolejnymi przejściami środka tarczy słonecznej przez punkt Barana (inaczej: sumaryczna długość trwania czterech astronomicznych pór roku).

Uwaga: okres obiegu Ziemi wokół Słońca to **rok gwiazdowy** ($365^d 6^h 9^m 10^s$). Po tym czasie Słońce widoczne jest na tyle tych samych gwiazd. Rok zwrotnikowy jest krótszy od gwiazdowego wskutek precesji osi obrotu Ziemi.

Z pomiarem czasu związany jest **kalendarz**, czyli system rachuby czasu oparty o powyższe jednostki. Kalendarz dzieli się na słoneczne (oparte o rok), księżycowe (oparte o miesiąc) i księżycowo-słoneczne (łączone). Używany przez nas kalendarz to kalendarz gregoriański. Problemem w konstrukcji kalendarza jest to, że rok nie składa się z pełniej liczby dni i miesięcy.

W astronomii używa się też **daty juliańskiej** (JD, Julian Date). To ciągła rachuba dni liczonych od 12:00 UT, 1.01.4713 p.n.e. Istnieje kilka wariantów JD, np. MJD (Modified JD) liczona od 0:00 UT, 17.11.1858 ($MJD = JD - 2400000.5$). Taki system jest wygodniejszy w obliczeniach niż ten, w którym data zapisana jest z użyciem dni, miesięcy i lat.

przykład: 21.01.2025, 11:15 CET to $JD = 2460696.927083$, $MJD = 60696.42708333$