



## **II. Ziemia we wszechświecie**

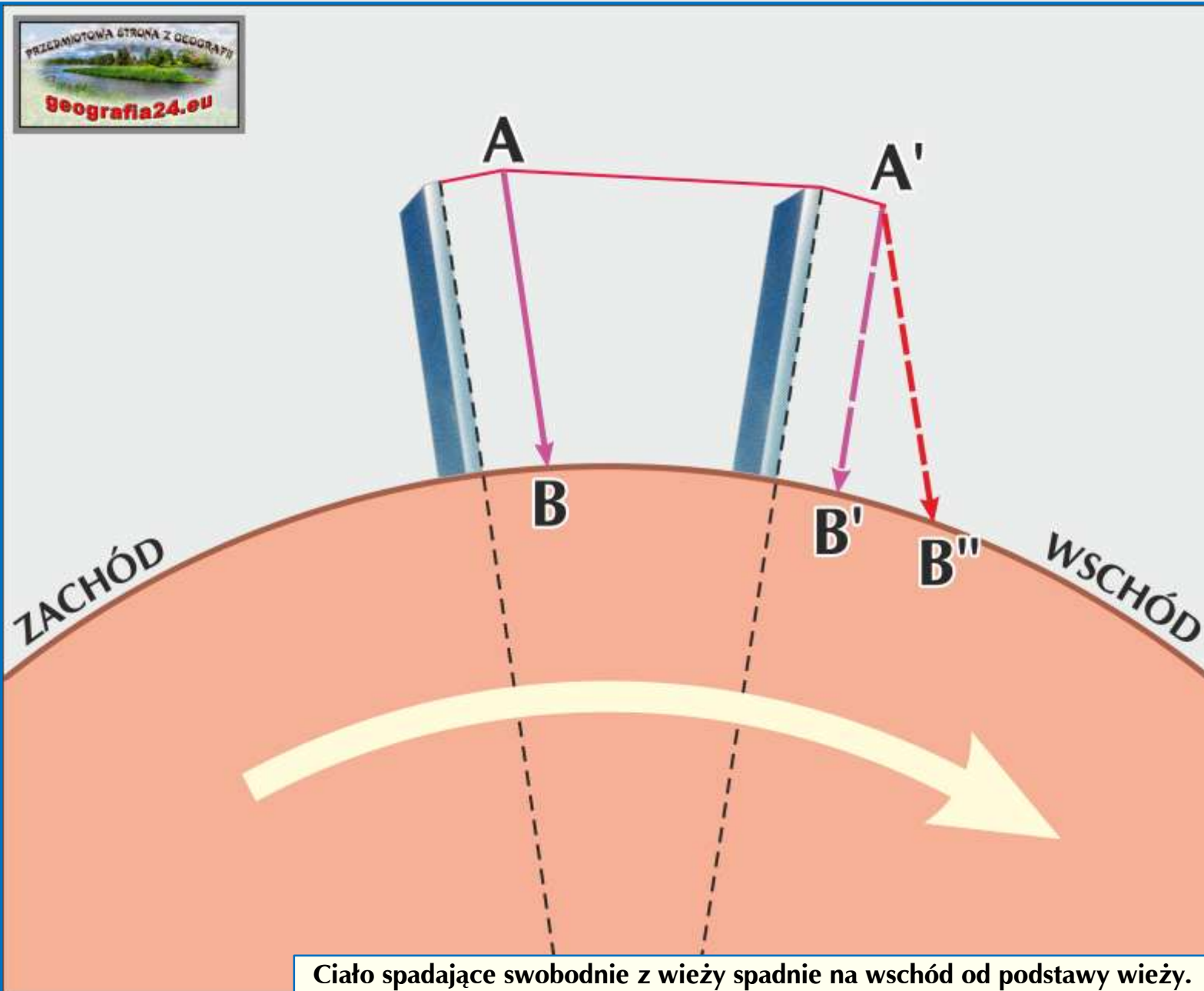
### **3. Ruch obrotowy Ziemi**



**Dowody na ruch obrotowy Ziemi**

# 1. Odchylenie ciał swobodnie spadających z wieży

- Jednym z pierwszych dowodów na ruch obrotowy Ziemi było **doświadczenie, wykazujące odchylenie ciał swobodnie spadających z wieży**:
  - **gdy ciało zostanie zrzucone z wysokiej wieży, to nie spadnie ono u samej podstawy, lecz na wschód od niej.**
- Przyjęto, że jeżeli Ziemia obraca się wokół własnej osi, to wystąpią **różnice w prędkości liniowej podstawy i szczytu wieży**.
  - Szczyt wysokiej wieży pokonuje dłuższą drogę, ma zatem większą prędkość liniową.
  - Tę samą prędkość ma znajdujące się na szczycie wieży ciało.
  - Spadając, będzie się ono przemieszczało w kierunku podstawy, która ma mniejszą prędkość, a to oznacza, że spadające ciało wyprzedzi podstawę i spadnie na wschód od niej (przed nią).



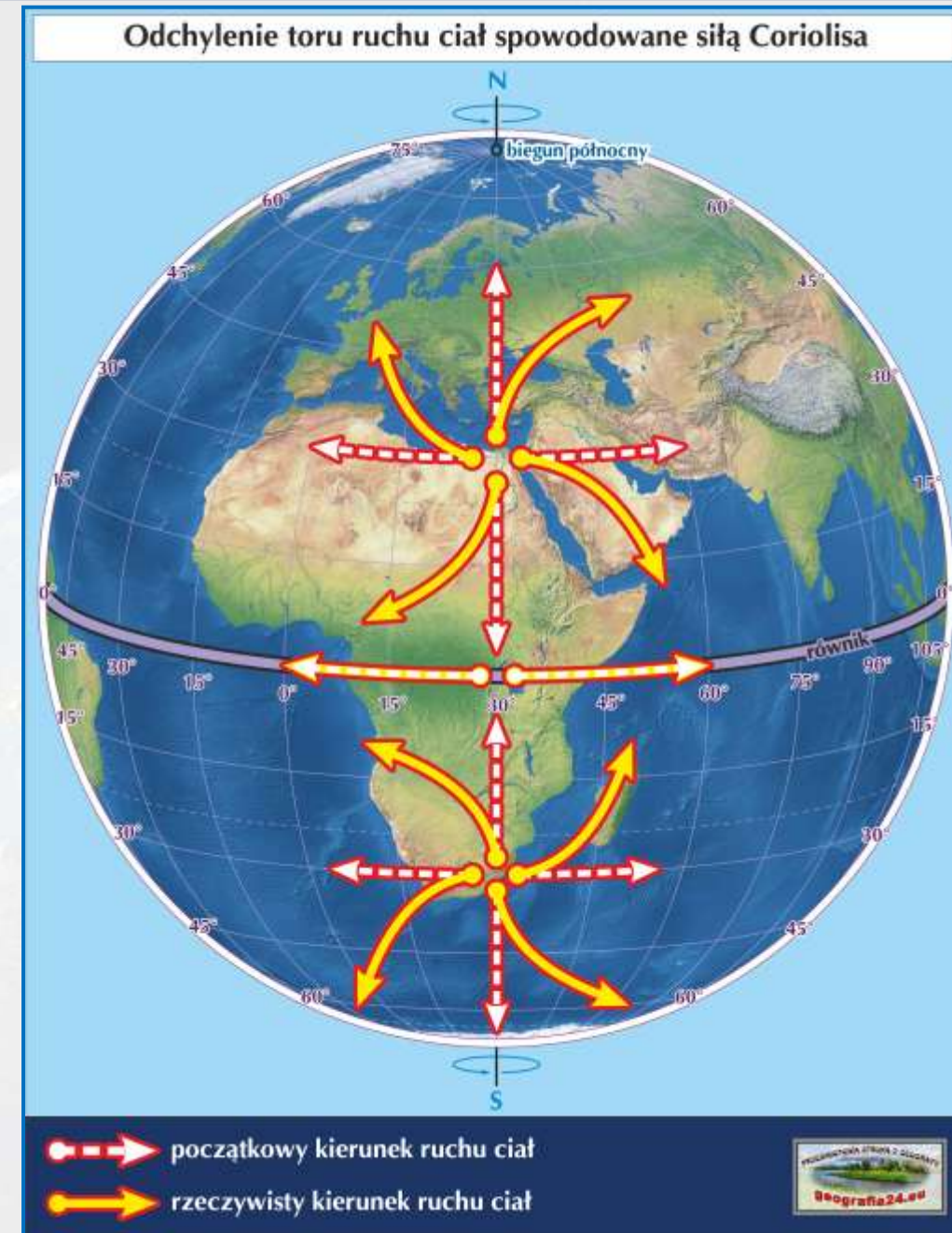
## 2. Doświadczenie wykonane przez J.B. Foucault'a

- Najlepszym dowodem na ruch obrotowy Ziemi jest **doświadczenie**, jakie przeprowadził w roku 1851 francuski fizyk **Jean Bernard Foucault**.
- Zawiesił on u szczytu kopuły paryskiego Panteonu (najwyższej wtedy budowli w Paryżu) **na długim (67 m) drucie ciężką metalową kulę armatnią (28 kg)**, która mogła wykonywać **swobodnie ruchy wahadłowe** we wszystkich płaszczyznach.
- Gdyby Ziemia nie wykonywała ruchu obrotowego, płaszczyzna wahań nie zmieniałaby się.
  - Już po drugim wahnięciu płaszczyzna **wahania wykazała odstępstwo od wyznaczonej na posadzce Panteonu linii pierwszego wahnięcia**.
  - Płaszczyzna wahań **przemieściła się zgodnie z ruchem wskazówek zegara**.
  - Płaszczyzna wahań **powróciła do wyznaczonej płaszczyzny po 32 godzinach**.
- Gdybyśmy wahadło Foucaulta umieścili dokładnie **nad biegunem**, a punkt jego zawieszenia znajdowałby się **na osi obrotu Ziemi**, to pod płaszczyzną wahań przesuwwałyby się **południki**.
- Płaszczyzna wahań **dokonałaby pełnego obrotu w ciągu doby**.



### 3. Odchylenie toru ciał będących w ruchu – siła Coriolisa

- Jeszcze innym dowodem na ruch obrotowy Ziemi jest **odchylenie ciał poruszających się od równika**:
  - na półkuli północnej w prawo,
  - na półkuli południowej w lewo.
- Stanowi to efekt znanej z fizyki **siły Coriolisa**, która wynika z **różnic prędkości liniowych punktów leżących na różnych szerokościach geograficznych**.
- Aby to lepiej unaocznić, wyobraźmy sobie, że na równiku znajduje się działo artyleryjskie, z którego oddajemy strzał w kierunku północnym.
  - W wyniku siły Coriolisa pocisk zboczy na prawo.
  - Dzieje się tak dlatego, że prędkość liniowa punktu, z którego pocisk został wystrzelony, jest większa od prędkości liniowej obszarów, w kierunku których ten pocisk zmierza.
  - Dlatego w rezultacie zboczy na prawo.
  - Działanie siły Coriolisa uwzględnia się podczas obliczania torów lotów pocisków artyleryjskich oraz rakiet dalekiego zasięgu.
  - I tak pocisk wystrzelony z 50 stopnia szerokości geograficznej północnej lecący z przeciętną prędkością poziomą 1800 m/s w kierunku południkowym (na północ lub na południe), w ciągu 20 sekund lotu (na 36 km) zboczy o około 40 metrów od celu.



## 4. Pozorna wędrówka sfery niebieskiej i innych ciał

- Najbardziej widocznym świadectwem **ruchu obrotowego** jest **pozorna wędrówka sfery niebieskiej i wszystkich ciał niebieskich ze wschodu na zachód**,
  - czyli **przeciwnie do ruchu obrotowego samej Ziemi** (ruch ten odbywa się z zachodu na wschód).
- Dotyczy to m.in. wszystkich widocznych na naszym niebie gwiazd oraz Księżyca.
- Nie zmieniają swojego położenia jedynie dwa obiekty na naszym niebie (miejsca przecięcia się osi ziemskiej ze sferą niebieską):
  - **północny biegun niebieski** (bardzo blisko niego położona jest **Gwiazda Polarna**),
  - **południowy biegun niebieski** (w gwiazdozbiorze Oktanta).



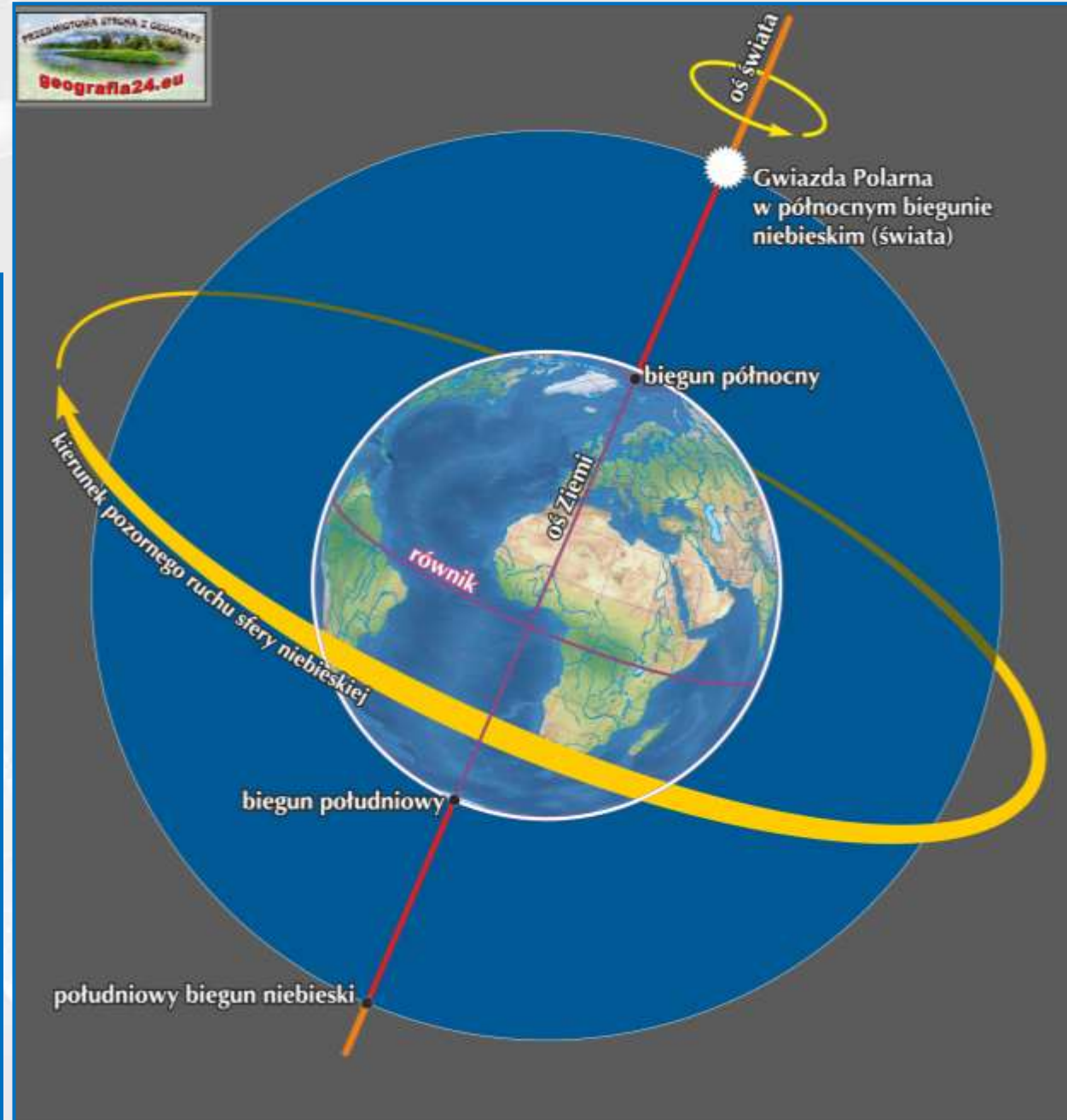
Ślady widomego ruchu gwiazd powstałe w wyniku długiego naświetlania



Parametry ruchu obrotowego Ziemi

# Ruch obrotowy Ziemi i sfery niebieskiej

- Ziemia **obraca się wokół własnej osi z zachodu na wschód** (przeciwnie do ruchu wskazówek zegara).
- **Ruch sfery niebieskiej** (dla obserwatora znajdującego się na Ziemi jest on pozorny) widzimy jednak w przeciwnym kierunku – **ze wschodu na zachód**.



# Doba – pełen obrót Ziemi wokół osi: doba gwiazdowa

- **Doba gwiazdowa (doba sydereczna)** – odpowiada rzeczywistemu czasowi obrotu Ziemi wokół własnej osi i definiowana jest jako czas pomiędzy dwoma kolejnymi górowaniami punktu Barana (mogą to być też dwa kolejne górowania dowolnej gwiazdy oprócz Słońca, które jest zbyt blisko Ziemi aby wynik był prawidłowy).
  - Wynosi ona **23 godziny 56 minut i 4 sekundy**.
  - **Ulega wydłużeniu o około 0,001 sekundy na stulecie** (w starszym paleozoiku wynosiła tylko 21 godzin).



południe w Chile dobę później (górowanie gwiazdy)  
południe w Chile (górowanie gwiazdy i Słońca)



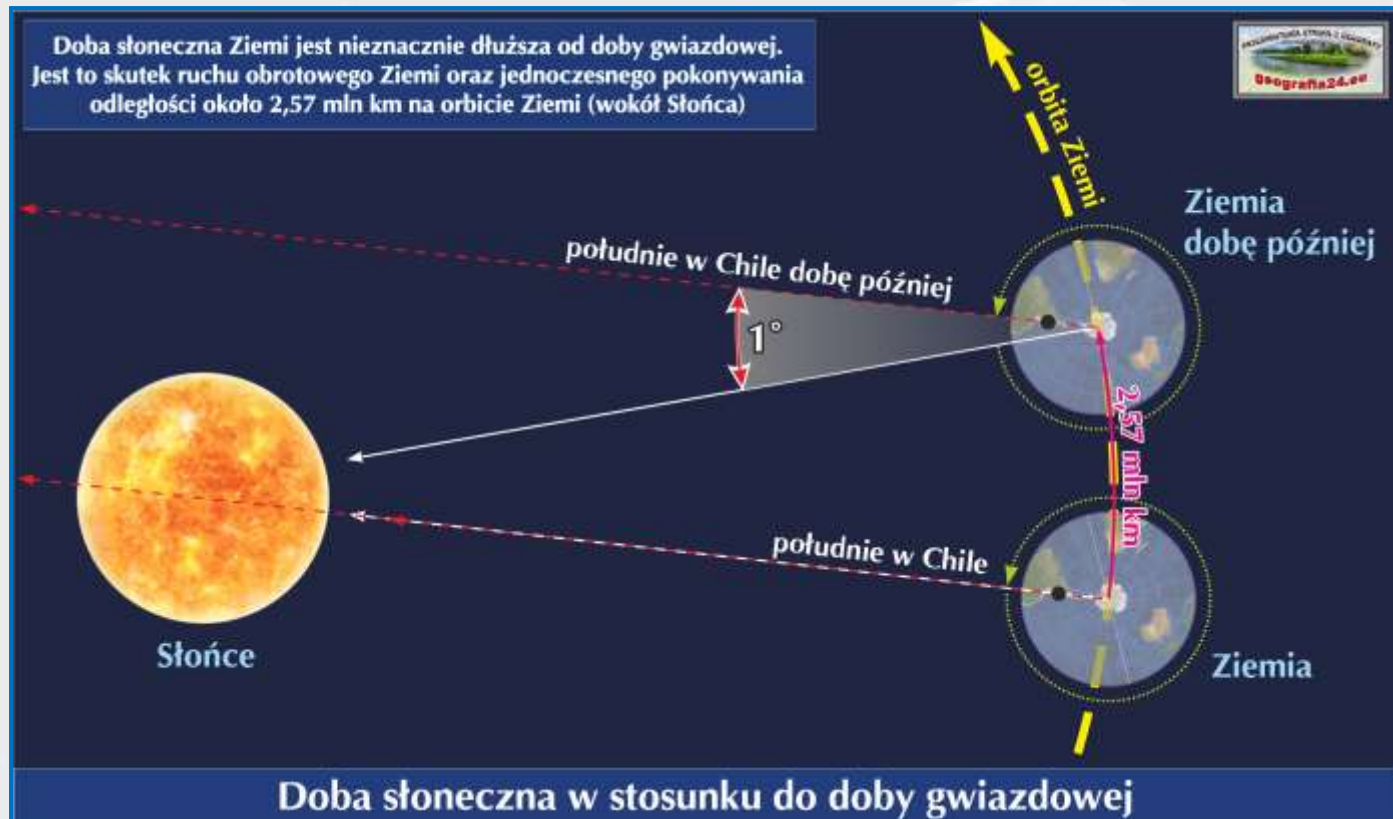
**Doba gwiazdowa (23 godzin, 56 minut i 4 sekundy)**

# Doba – pełen obrót Ziemi wokół osi: doba słoneczna

- **Dobę słoneczną** – wyznacza **odstęp czasu pomiędzy dwoma kolejnymi górowaniami Słońca**.
- Mierzy się ją od jednej kulminacji górnej środka tarczy słonecznej do kolejnej.
- Ponieważ w życiu codziennym bardzo kłopotliwe byłoby zmienianie daty w południe, ustalono, że w kalendarzu dobę będzie się liczyło **od jednego dołowania Słońca do drugiego – doba cywilna**.
- Położenie Słońca poniżej horyzontu jest niemożliwe do zaobserwowania, ale moment dołowania wyznacza się przez opozycję wobec dającego się zaobserwować górowania.
- Kolejną trudność stanowiła niejednostajność ruchu Słońca po sklepieniu niebieskim, wynikająca z eliptycznego kształtu orbity ziemskiej (różnica w obrocie Ziemi w ciągu roku wynosi + 1 minuta).
- Wprowadzono zatem **dobę średnią słoneczną**.
  - **Średnia doba słoneczna** wynosi **około 24 godzin** – jest ona tym samym **dłuższa prawie 4 minuty od doby gwiazdowej**.



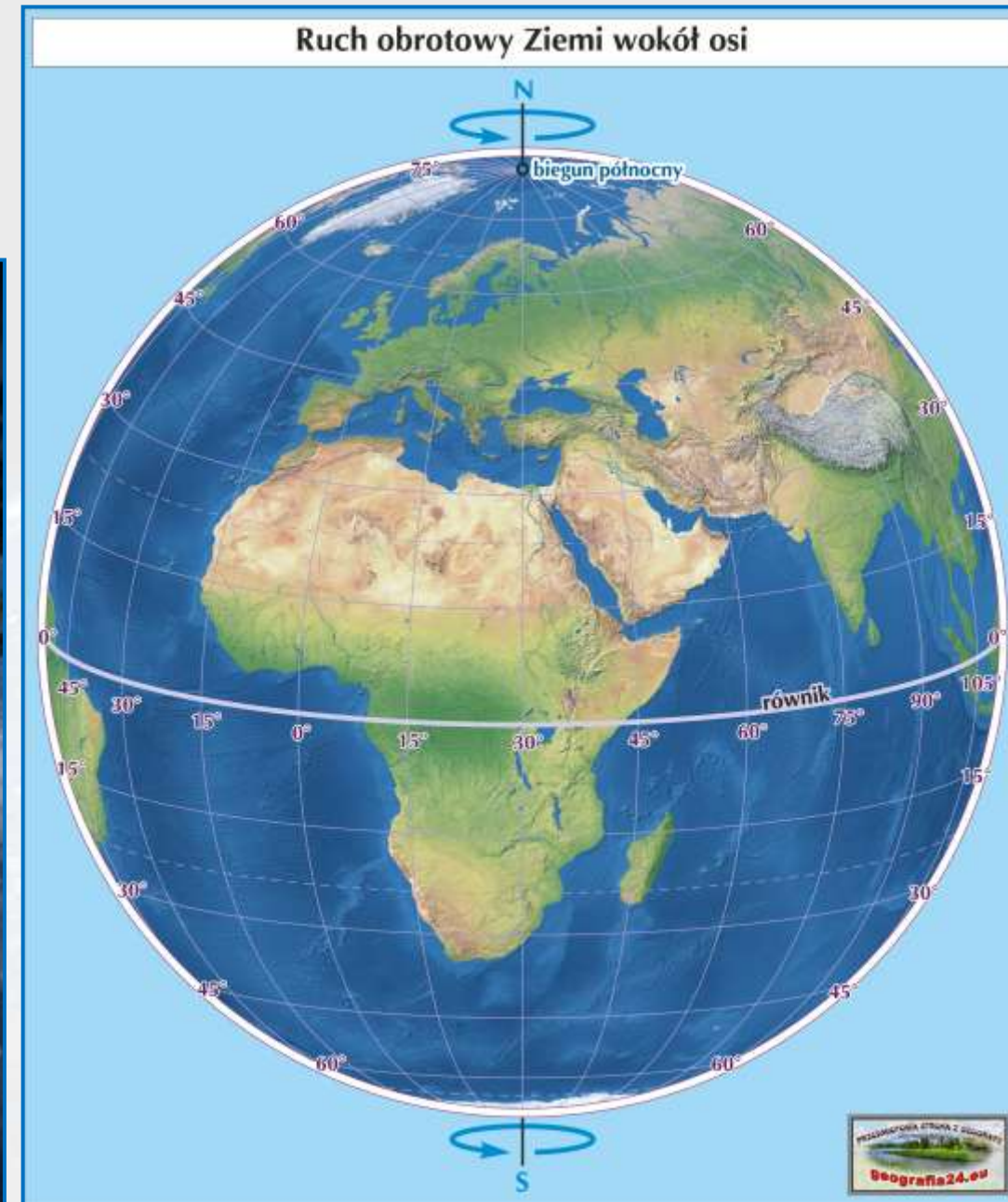
Doba słoneczna Ziemi jest nieznacznie dłuższa od doby gwiazdowej. Jest to skutek ruchu obrotowego Ziemi oraz jednoczesnego pokonywania odległości około 2,57 mln km na orbicie Ziemi (wokół Słońca)



Pomiędzy jednym południem (górowaniem) a następnym Ziemia względem Słońca musi wykonać obrót o kąt 360° (doba gwiazdowa) plus dodatkowe 1° (wynika to z ruchu Ziemi po orbicie wokół Słońca). Skutkuje to tym, że w ciągu roku Ziemia wykonuje jeden dodatkowy obrót wokół własnej osi.

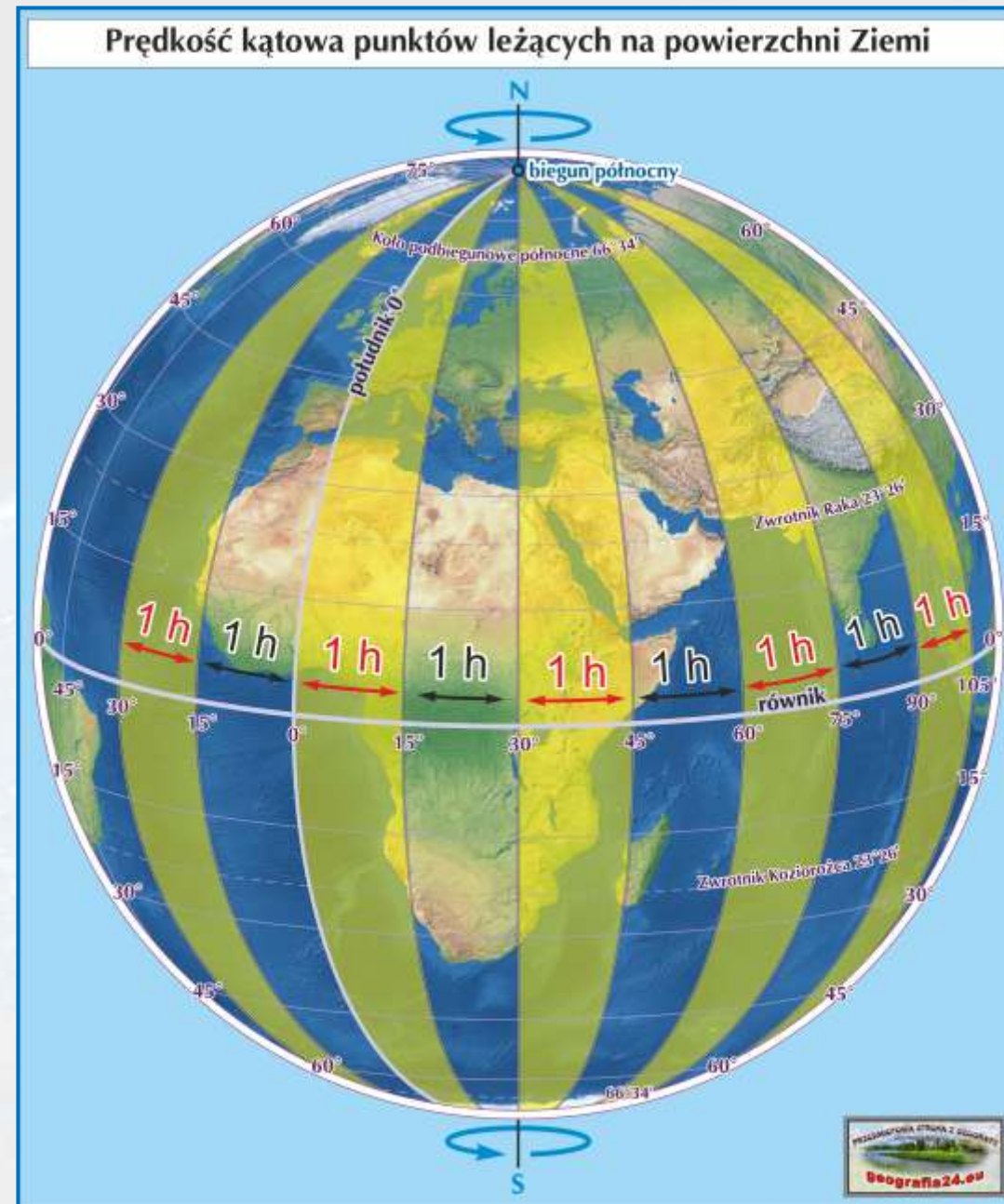
# Prędkość Ziemi w ruchu obrotowym, czyli wokół własnej osi

- **Prędkość**, z jaką Ziemia wykonuje **w ruchu obrotowym**, czyli **wokół własnej osi**, możemy wyrazić jako:
  - **prędkość liniowa**,
  - **prędkość kątową**.



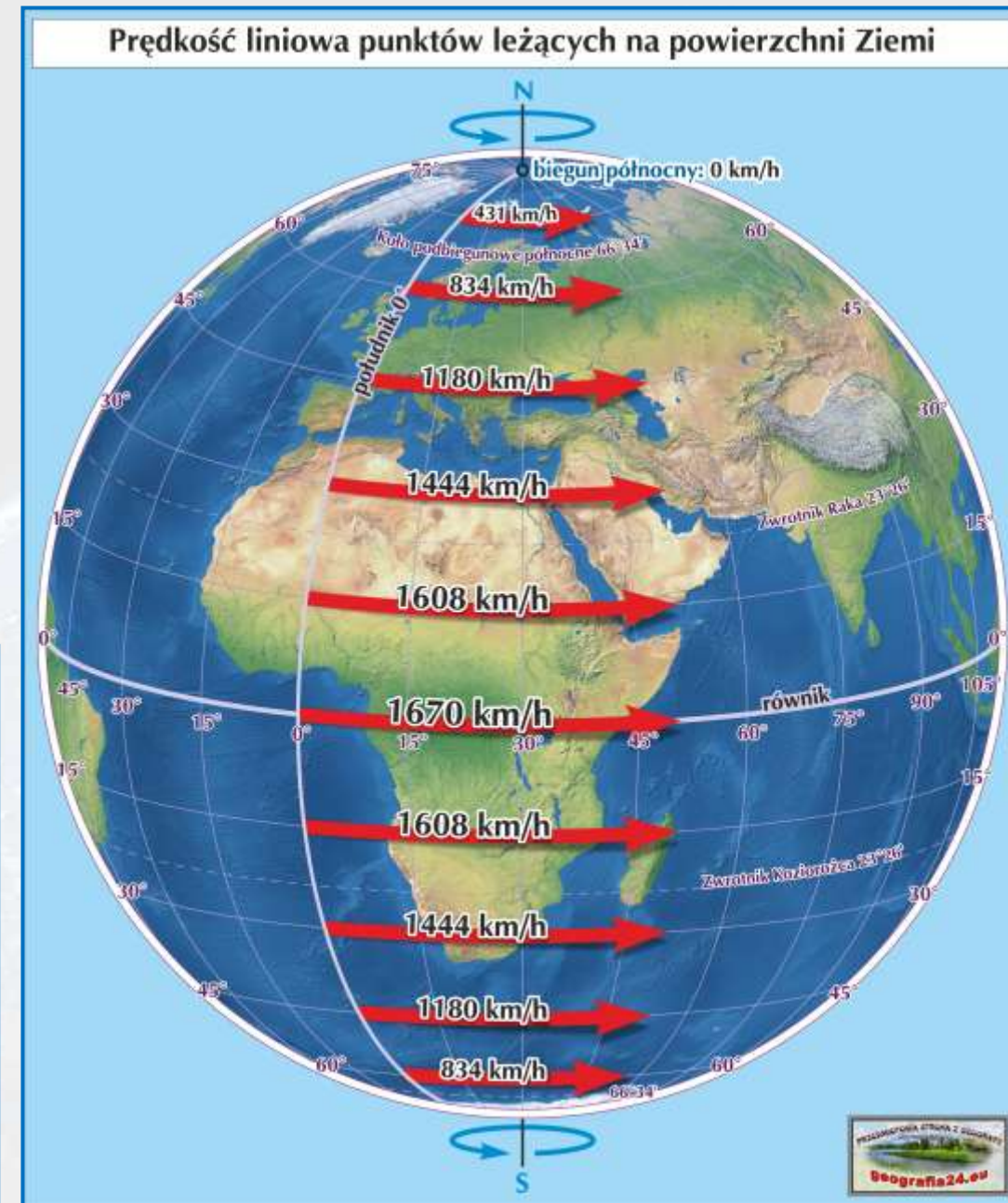
## Prędkość kątowna punktów leżących na powierzchni Ziemi

- **Prędkość kątowna** – kąt, o jaki przesunie się punkt na powierzchni Ziemi w jednostce czasu.
- Prędkość ta jest **stała** dla wszystkich punktów na Ziemi poza biegunami (one są "nieruchome").
- Pełen kąt zatoczy Ziemia w ciągu 24 godzin.
- A zatem:  $360^\circ : 24 \text{ h} = 15^\circ/\text{h}$ , czyli  $15^\circ/60 \text{ min}$ .
- Możemy oczywiście dalej policzyć, np.:  $1^\circ/4 \text{ min}$  oraz  $1'/4 \text{ sek}$ .



# Prędkość liniowa punktów leżących na powierzchni Ziemi

- **Prędkość liniowa** – oznacza drogę, jaką pokona punkt na powierzchni Ziemi w jednostce czasu.
  - Prędkość ta przez człowieka nie jest odczuwana, ponieważ wraz z Ziemią wszystko porusza z identyczną prędkością.
- Ten parametr jest **zmienny** – największy na równiku, **malejący w miarę zbliżania się do biegunów**, i tak prędkość liniowa punktów wynosi odpowiednio:
  - **na równiku** – około **1669,8 km/h**,
    - możemy to sami obliczyć:  $40\,075 \text{ km} : 24 \text{ h} = 1669,8 \text{ km/h}$ ,
  - **na równoleżniku 50°** – około **1100 km/h** (dokładnie 1072 km/h),
  - **na biegunach** wynosi **0 km/h** (są one “nieruchome”).

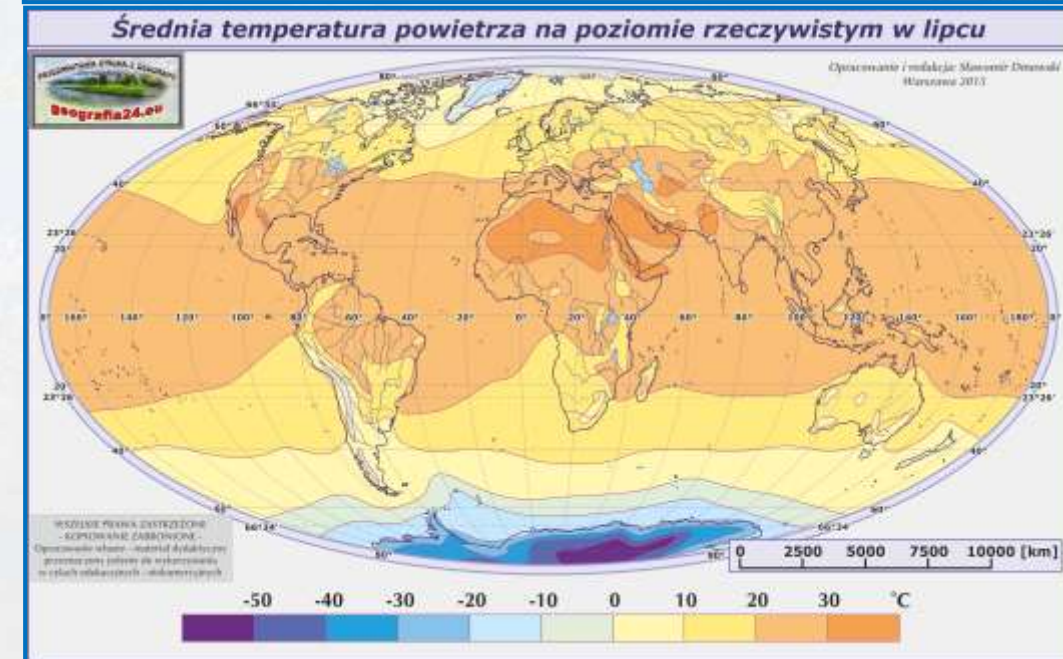
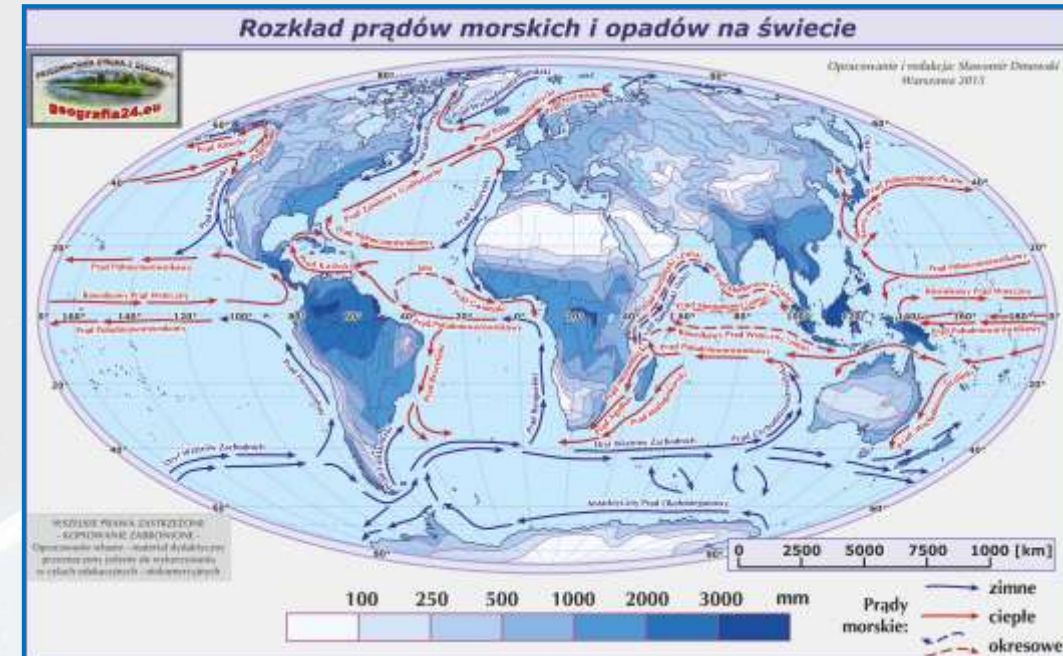




**Konsekwencje (następstwa) ruchu obrotowego**

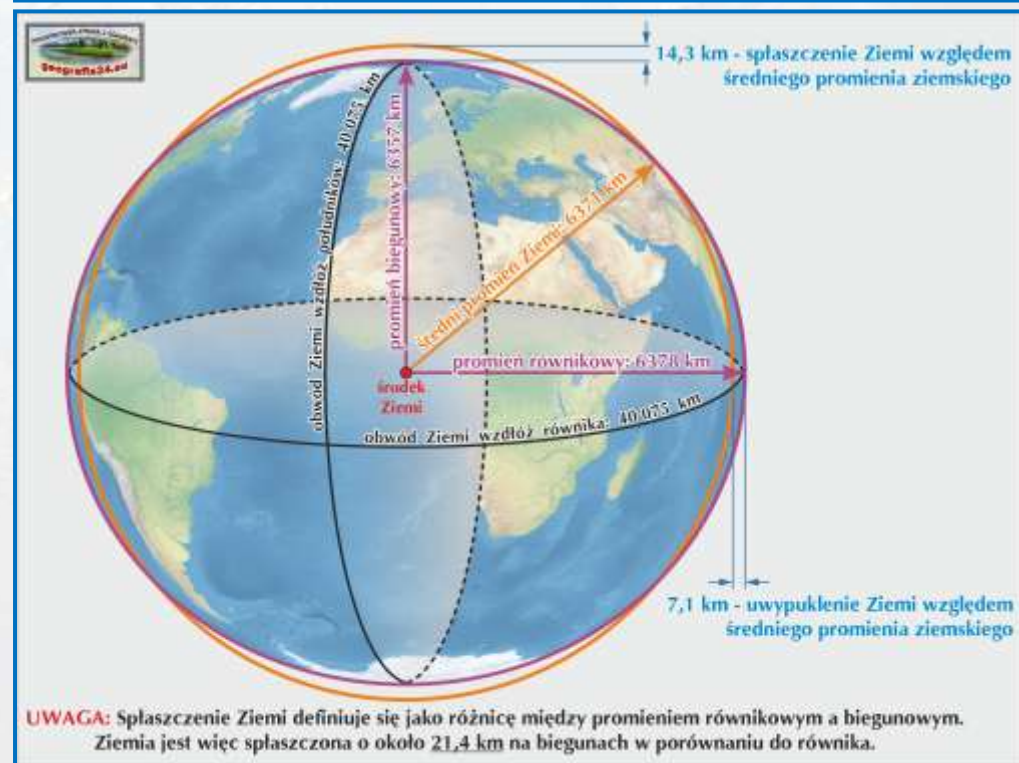
# Najważniejsze konsekwencje ruchu obrotowego Ziemi

- Do **najważniejszych konsekwencji (następstw) ruchu obrotowego Ziemi (z zachodu na wschód)** należą:
  - **odchylenie ciał swobodnie spadających zgodnie z kierunkiem ruchu** – spadają one **na wschód od pionu**,
  - **obrót wahadła Foucaulta**,
  - **siła Coriolisa**, wpływająca m.in. na ciała/obiekty będące w ruchu:
    - **ruch wody spływającej w zlewie**,
      - na naszej półkuli **przeciwnie do wskazówek zegara**,
    - **silniejsze podcinanie na naszej półkuli prawych brzegów rzek**,
      - **lewych na półkuli południowej**,
    - **szybsze niszczenie prawej szyny na torach biegnących w kierunku północnym**,
    - **odchylenia pasatów**,
    - **odchylenie prądów morskich**,
    - **różnice klimatyczne**:
      - **lądy obmywane ciepłymi prądami mają klimat łagodniejszy od lądów obmywanych przez prądy zimne.**



# Pozostałe konsekwencje ruchu obrotowego Ziemi

- Do innych **konsekwencji ruchu obrotowego** zaliczyć można:
  - **pozorna wędrówka sfery niebieskiej i wszystkich ciał niebieskich ze wschodu na zachód (w ciągu doby)**, która wpływa na:
    - następstwo po sobie dnia i nocy,
    - różnice czasu słonecznego (miejscowego),
    - wschody, górowania i zachody różnych ciał niebieskich (w tym Słońca),
    - zmiany wysokości słońca nad horyzontem, która wpływa m.in. na:
      - ilość energii docierającej do powierzchni Ziemi, która z kolei wpływa na:
        - kształtowanie się temperatury, opadów, ciśnienia, wiatrów,
        - dobową aktywność życiową organizmów (także i człowieka),
  - **działanie siły odśrodkowej**, powoduje m.in.:
    - uwypuklenie Ziemi w strefie równikowej i spłaszczenie Ziemi w okolicach biegunowych,
    - zwiększenie grubości troposfery nad równikiem i zredukowanie nad biegunami,
  - **przemieszczanie się fali pływowej** (ale tylko przemieszczanie, przyczyną pływów są bowiem grawitacyjne oddziaływania Księżyca i Słońca oraz siła odśrodkowa).

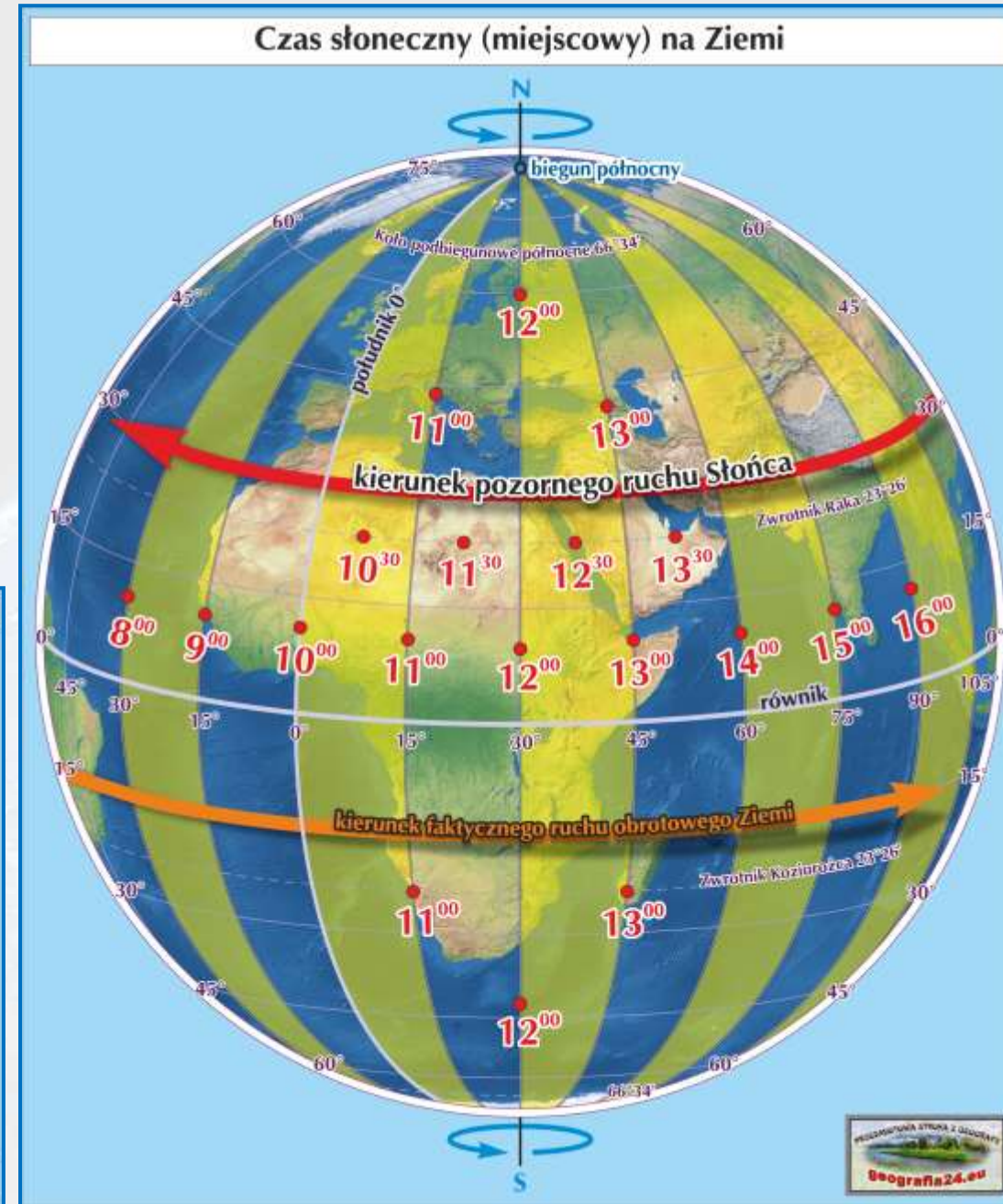
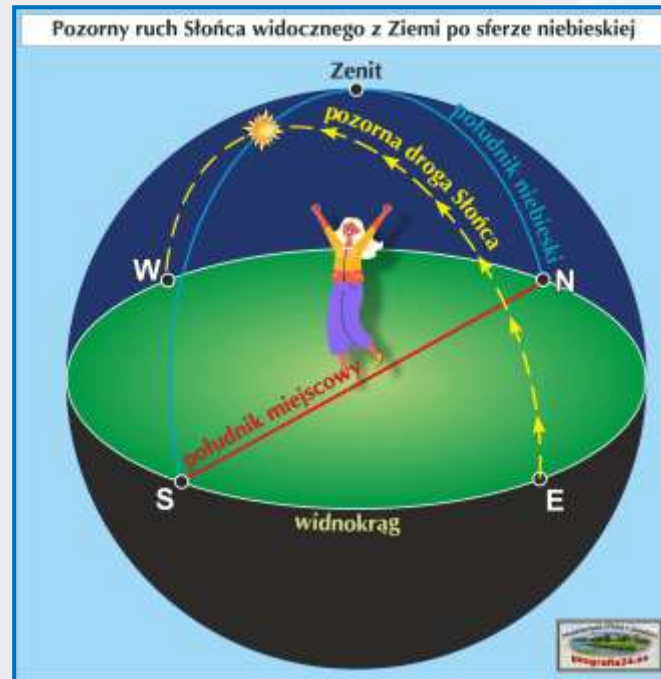




**Rachuba czasu na Ziemi – teoria**

# 1. Czas słoneczny (miejscowy)

- Wszystkie miejscowości położone na tym samym **południku** mają ten sam moment **górowania Słońca**, czyli w tej samej chwili występuje tam **południe słoneczne**.
- Stanowi ono dziś podstawą wyznaczania **czasu słonecznego**.
  - Początek **doby** wg czasu słonecznego określamy, odejmując od czasu górowania Słońca 12 godzin.
  - Przeliczanie czasu słonecznego odbywa się na podstawie **różnicy długości geograficznej**.
    - Podczas przemieszczania się na wschód dodajemy "czas", natomiast idąc na zachód – odejmujemy "czas".
- Ziemia obraca się o kąt:
  - **360°** w ciągu **24 godzin**;
  - **15°** w ciągu **1 godziny**,
    - czyli: 15° w ciągu 60 min;
  - **1°** w ciągu **4 minut**,
    - czyli: 60' w ciągu 4 min;
  - **15'** w ciągu **1 minuty**,
    - czyli 15' w ciągu 60 sek.;
  - **1'** w ciągu **4 sekund**,
    - czyli 60'' z ciągu 4 sek.;
  - **15''** w ciągu **1 sekundy**.



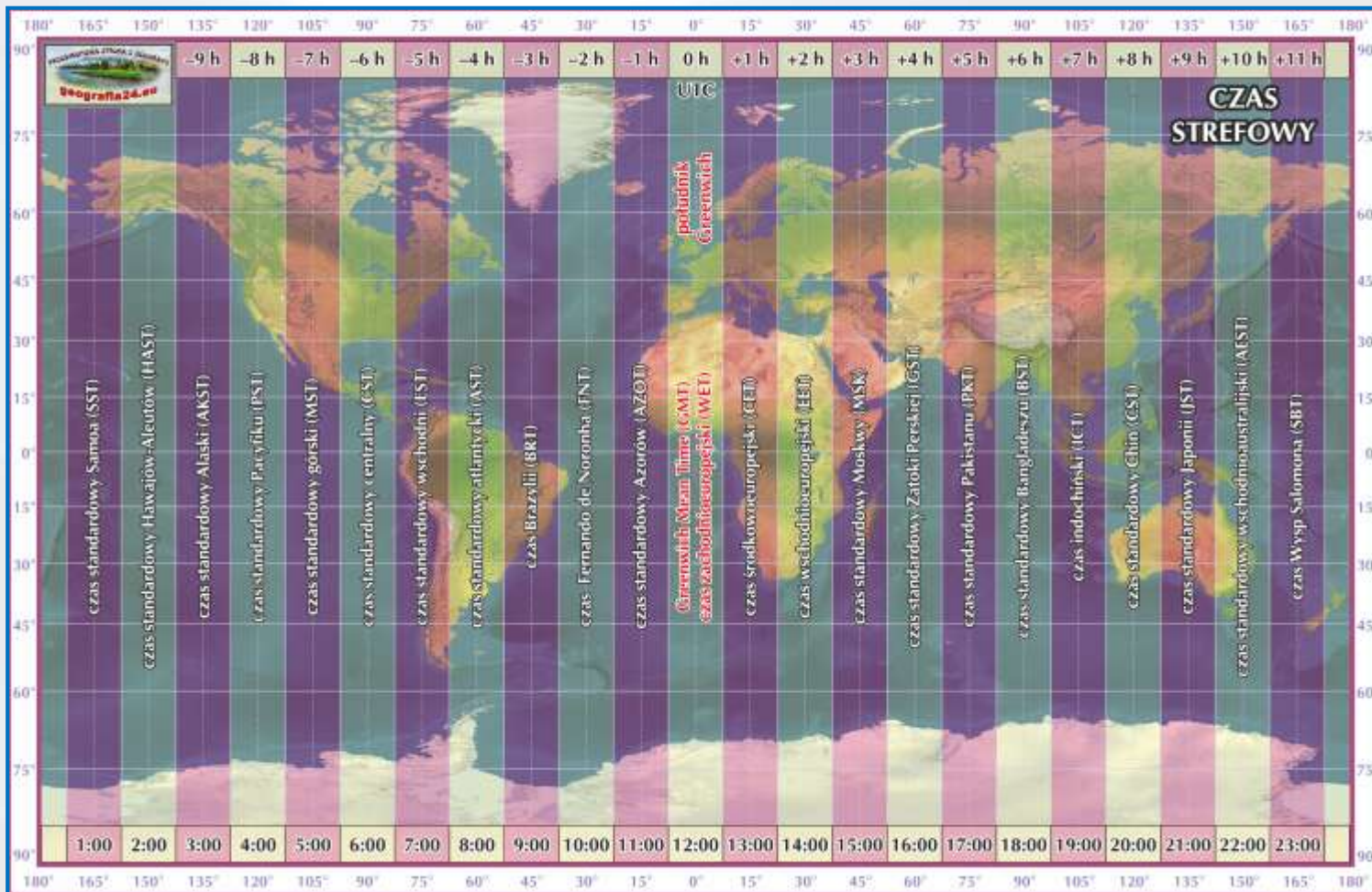
## 2. Czas strefowy

- Czasem miejscowym (słonecznym) posługiwano się do XIX wieku.
- Rozwój cywilizacji oraz podróże międzykontynentalne wymusił ujednolicenie czasu – stosowanie dalej czasu słonecznego sprawiało wiele problemów, m.in.:
  - komunikacyjnych (różne rozkłady jazdy w różnych miejscowościach),
  - związanych z organizacją pracy (koniec pracy o różnej godzinie).
- Doprowadziło to do wprowadzenia **czasu strefowego** – jednolitego w określonej strefie czasowej, zależnej od długości geograficznej.



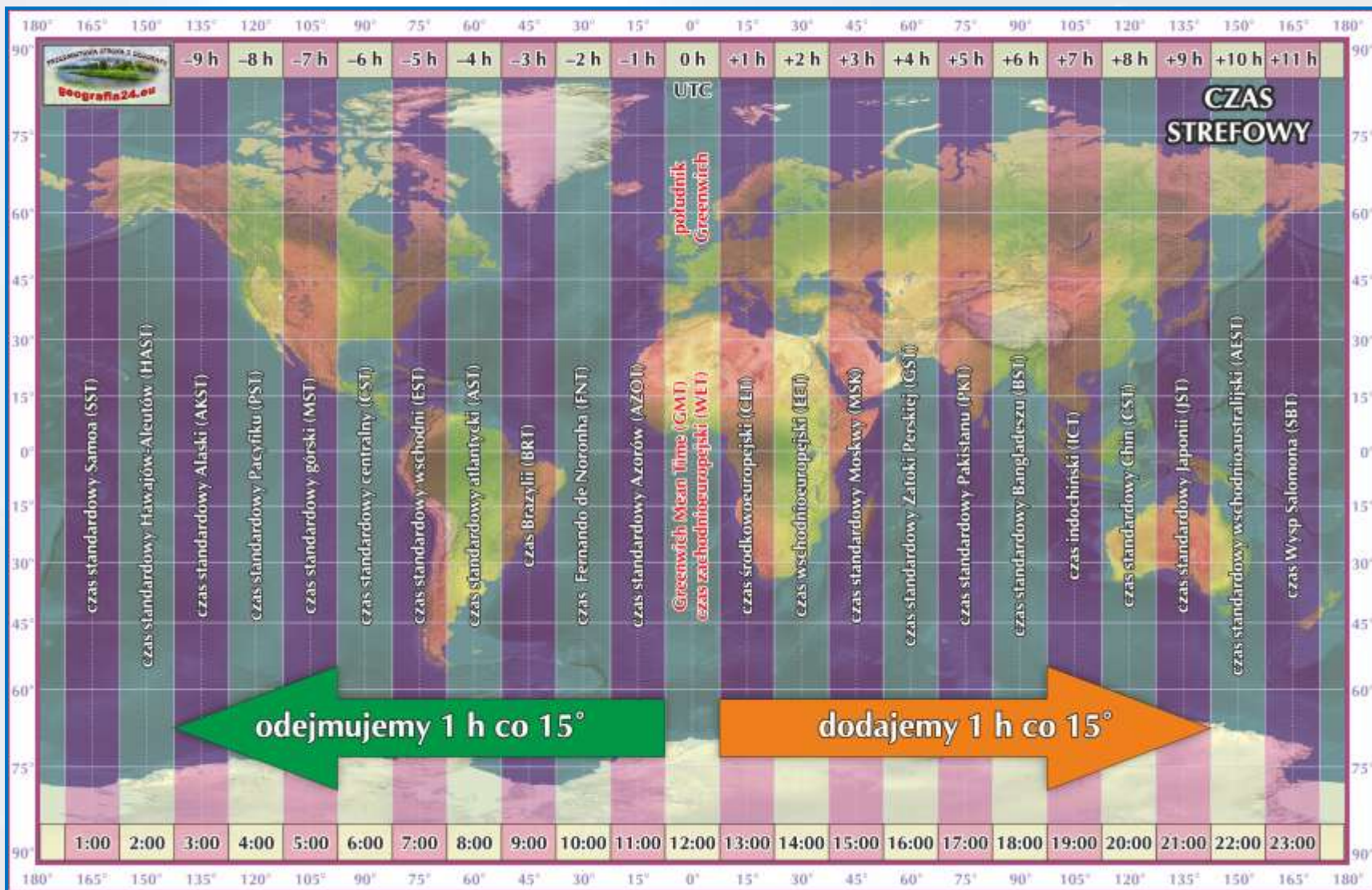
## 2. Czas strefowy

- W 1884 r. na konferencji waszyngtońskiej przyjęto podział Ziemi na **24 strefy czasowe**.
- Każda strefa ma swój czas równy **czasowi słonecznemu południka środkowego**.
- Południkiem początkowym do wyznaczenia stref stał się **południk Greenwich**.
- Każdy południk położony **15°** na wschód lub zachód od niego jest **południkiem środkowym** swojej strefy.
- Szerokość stref wyznaczono dodając **7°30'**, na wschód i zachód.



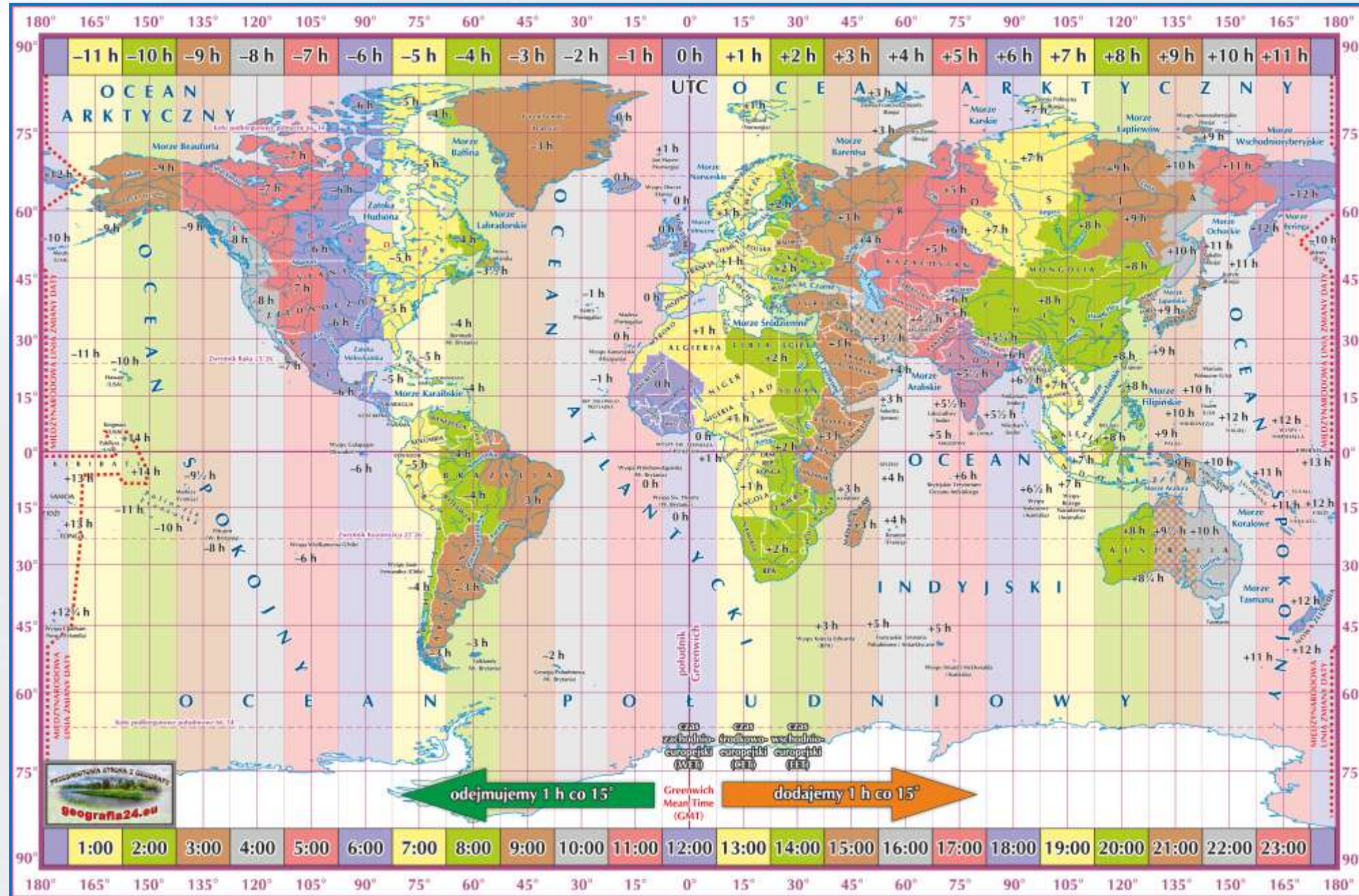
## 2. Czas strefowy

- W strefach czasowych bezpośrednio sąsiadujących czas różni się o 1 godzinę.
- Przemieszczając się od południka 0°: **na wschód** – **dodajemy**, zaś **na zachód** – **odejmujemy**.



### 3. Czas urzędowy (umowny)

- Ze względów praktycznych rządy niektórych krajów dopasowały **przebieg granic stref** do **podziałów politycznych**.
- Dla obszaru należącego do jednej jednostki administracyjnej, posługującego się innym czasem strefowym wprowadzono **czas urzędowy (umowny)** równy **czasowi strefowemu**, obowiązującemu w większej części państwa, prowincji, stanu itd.





## 4. Czas sezonowy w Polsce (występujący w obrębie czasu urzędowego)

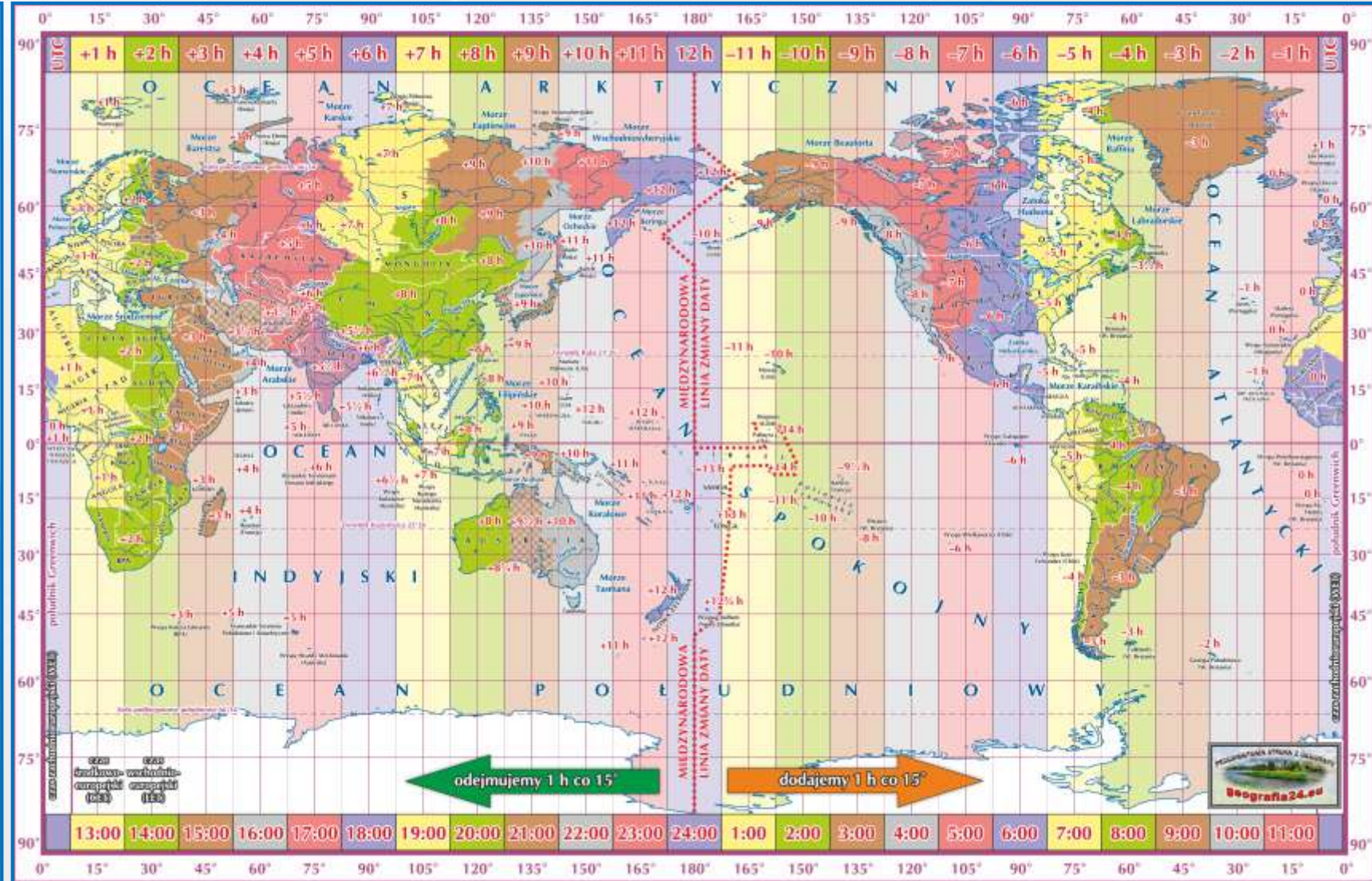
- Od 1977 roku w Polsce funkcjonuje **czas sezonowy**, który jest modyfikowany:
  - **od kwietnia do września** – wprowadzany jest **czas letni** o **jedną godzinę późniejszy** od **czasu środkowoeuropejskiego** – **równy czasowi wschodnioeuropejskiemu**;
  - **od października do marca** – obowiązuje **czas zimowy**, **równy czasowi naszej strefy**, czyli **strefy czasu środkowoeuropejskiego**.
- Czas sezonowy wprowadzają również inne państwa, np. Francja, Niemcy.
  - Zmiana następuje w nocy – ostatniej niedzieli marca i października.
- Wprowadzenie czasu sezonowego letniego (przesuniętego do przodu o 1 godzinę) pozwala m.in. lepiej dostosować okres aktywności człowieka, obejmujący zwykle godziny od 6.00 22.00 do pory najlepszego oświetlenia słonecznego.
  - Gdyby nie został wprowadzony czas letni w Warszawie to 15 czerwca wschód nastąpiłby około 3.14, zaś zachód o 19.59.
    - W efekcie nie skorzystalibyśmy z porannego światła słonecznego, zaś wieczorem musielibyśmy wcześniej zacząć korzystać ze światła sztucznego.
    - Wpłynęło by to na zwiększenie zużycia energii elektrycznej w domu, na ulicy i w zakładach pracy.
  - Niemniej jednak generują też straty wynikające z istnienia problemów w komunikacji funkcjonującej według określonego rozkładu jazdy czy konieczności dostosowywania systemów informatycznych.
- W 2019 roku zapadła decyzja o likwidacji czasu sezonowego w krajach Unii Europejskiej (miało to nastąpić ostatni raz w 2021, jednak kraje unijne się “nie dogadały” i nastąpi to znacznie później, o ile tak się stanie).



# Linia zmiany daty

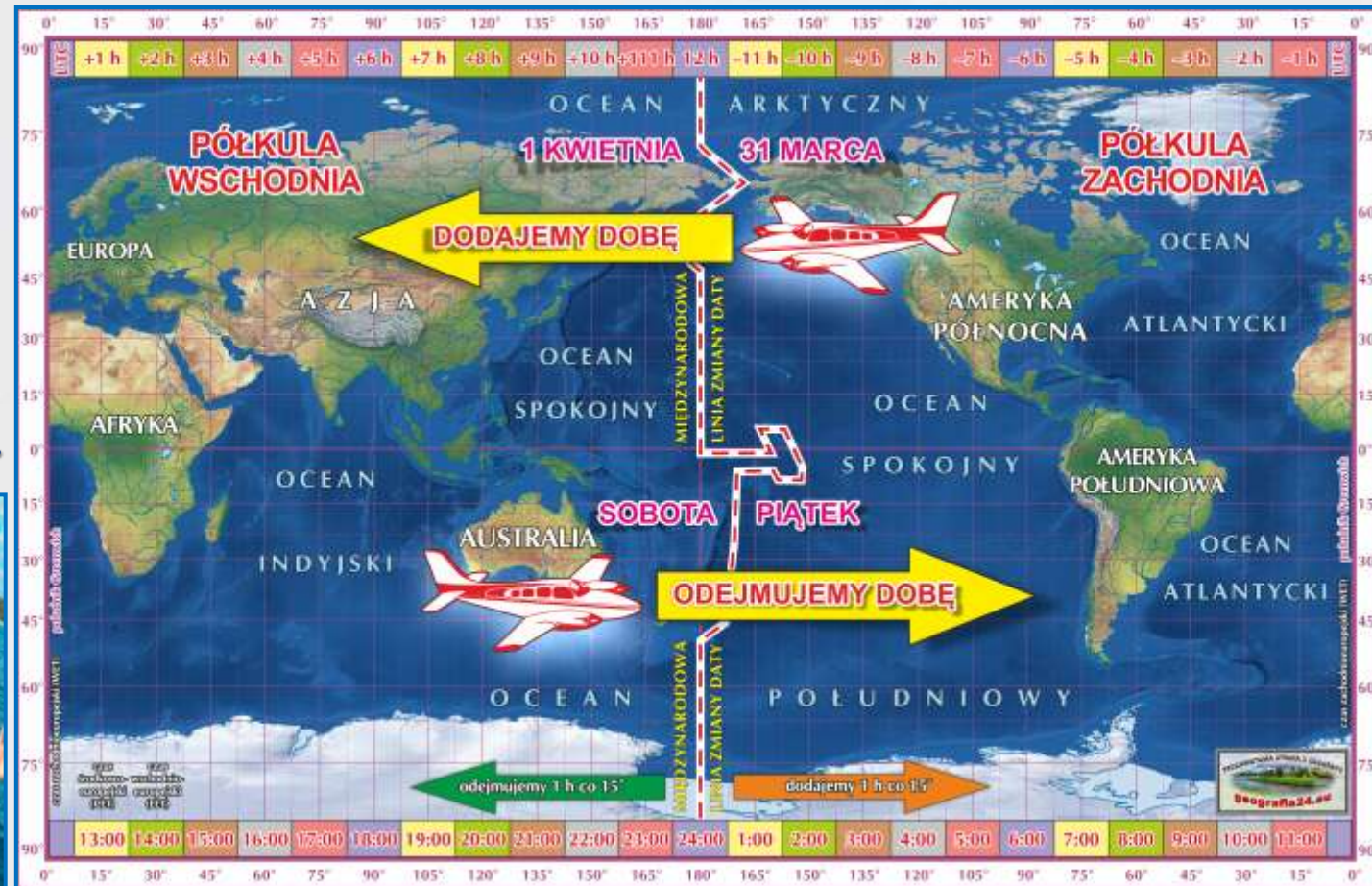
→ Wprowadzenie czasu urzędowego nie rozstrzygnęło jeszcze jednego problemu.

→ W obliczeniach nie sposób pominąć daty, a jeżeli na Ziemi są 24 strefy czasowe różniące się o godzinę, to różne miejsca mogą mieć różną datę – w związku z tym ustalono **międzynarodową linię zmiany daty**.



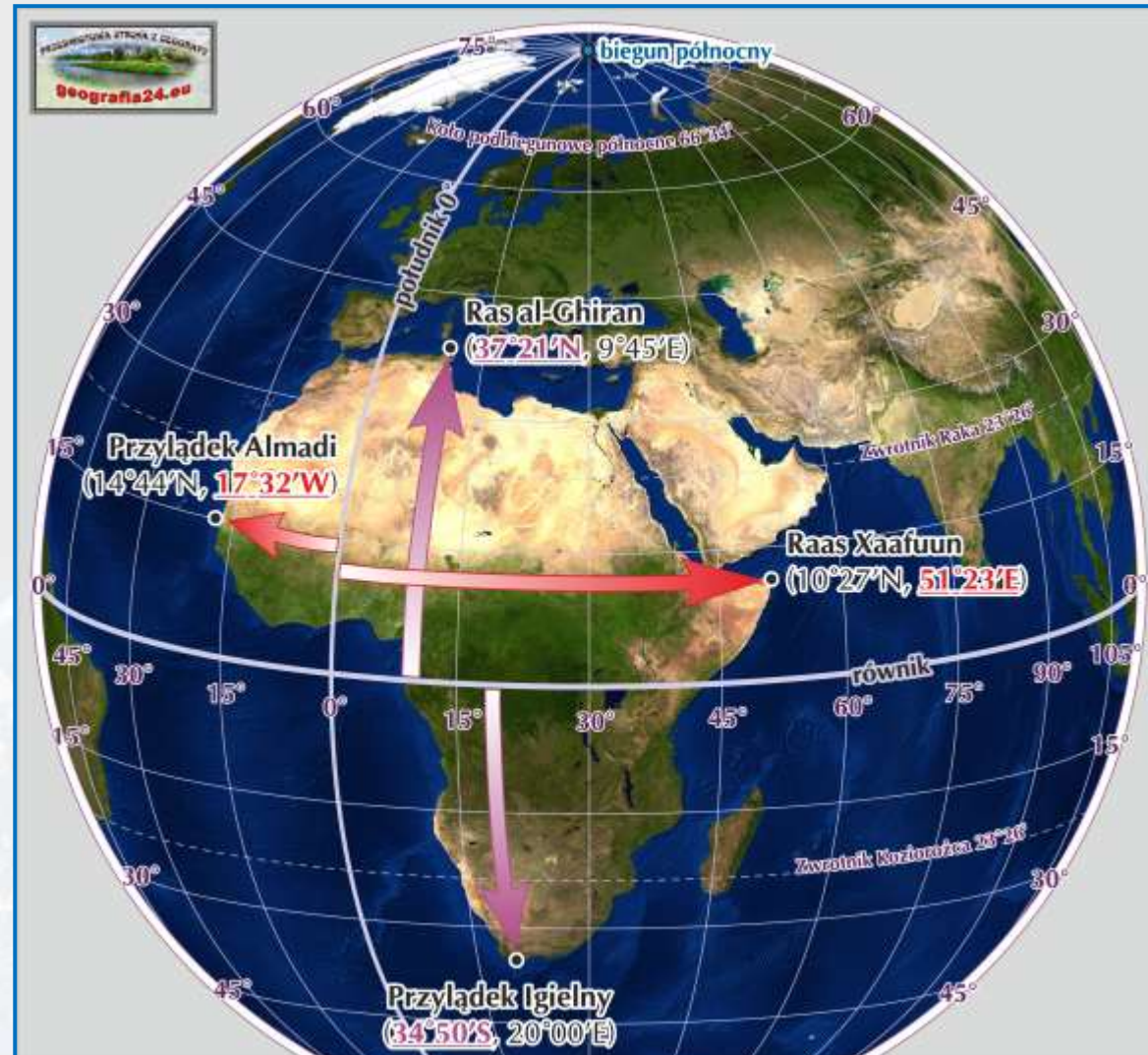
# Przebieg linii zmiany daty i zasady związane z jej przekraczaniem

- **Międzynarodowa linia zmiany daty** generalnie biegnie wzdłuż południka  $180^\circ$ , ale w miejscach, gdzie południk  $180^\circ$  przecina wyspy Polinezji, Aleuty czy Półwysep Czukocki, przesunięto ją tak, aby całe terytoria państw znalazły się po tej samej stronie linii zmiany daty.
- Wyeliminowano w ten sposób paradoksalną sytuację, kiedy w sąsiadujących ze sobą miejscowościach byłyby, np. sobota i niedziela.
- Przekraczając linię zmiany daty (np. statkiem lub samolotem):
  - **ze wschodu na zachód**,
  - **z półkuli zachodniej na wschodnią**:
    - należy **dodać jedną dobę** (tracimy 1 dzień),
    - jest tam ta sama godzina ale już kolejnego dnia,
    - np. środa staje się czwartkiem;
  - **z zachodu na wschód**,
  - **z półkuli wschodniej na zachodnią**:
    - należy **odjąć jedną dobę** (zyskujemy 1 dzień).



# Rozciągłość południkowa i równoleżnikowa

- Położenie danego obszaru na Ziemi opisują dwa ważne parametry powszechnie stosowane w geografii.
  - **Rozciągłość równoleżnikowa** – rozciągłość danego obszaru (np. kontynentu, kraju, powiatu) ze wschodu na zachód (określają skrajne południki ograniczające teren).
    - W celu jej obliczenia odczytujemy **długości geograficzne** punktów najdalej wysuniętych na **wschód** i **zachód**.
      - Jeżeli miejsca **leżą na różnych półkulach** – **sumujemy** wartości ich długości geograficznych.
      - Jeżeli punkty te **znajdują się w obrębie jednej z półkul** – **obliczamy różnicę** wartości długości geograficznych.
  - **Rozciągłość południkowa** – rozciągłość danego obszaru (np. kontynentu, kraju, powiatu) z północy na południe (określają ją skrajne równoleżniki ograniczające obszar).
    - W celu jej obliczenia odczytujemy **szerokości geograficzne** punktów najdalej wysuniętych na **północ** i **południe**.



## 1. Odczytujemy skrajne punkty Afryki:

Przylądek Igielny:  $\varphi=34^{\circ}50'S$ , Ras al-Ghiran:  $\varphi=37^{\circ}21'N$ , Przylądek Almadi:  $\lambda=17^{\circ}32'W$ , Raas Xaafuun:  $\lambda=51^{\circ}23'E$

## 2. Obliczamy na obszarze Ameryki Południowej:

a. rozciągłość południkową (wartości dodajemy, ponieważ skrajne punkty leżą na różnych półkulach):  $34^{\circ}50'S + 37^{\circ}21'N = 72^{\circ}11'$

b. rozciągłość równoleżnikową (wartości dodajemy, ponieważ skrajne punkty leżą na różnych półkulach):  $17^{\circ}32'W + 51^{\circ}23'E = 68^{\circ}55'$



**Rachuba czasu na Ziemi – zadania**

# Czas na Ziemi – dokonaj analizy danych z tabeli

→ Jeżeli już wiemy, **pełny obrót Ziemi wokół własnej osi ( $360^\circ$ )** trwa dokładnie **24 godziny**, więc możemy łatwo obliczyć, ile będzie trwała część takiego obrotu (np.  $15^\circ$  lub  $1^\circ$ ).

→ Dzięki temu możemy dokonywać przeliczeń – wyliczać godziny czasu słonecznego w różnych miejscach świata.

## MIARA KĄTOWA OBROTU

## CZAS OBROTU

$360^\circ$

24 h

$15^\circ$

1 h

$15^\circ$

60 min

$1^\circ$

4 min

$60'$

4 min

$15'$

1 min

$15'$

60 sek.

$1'$

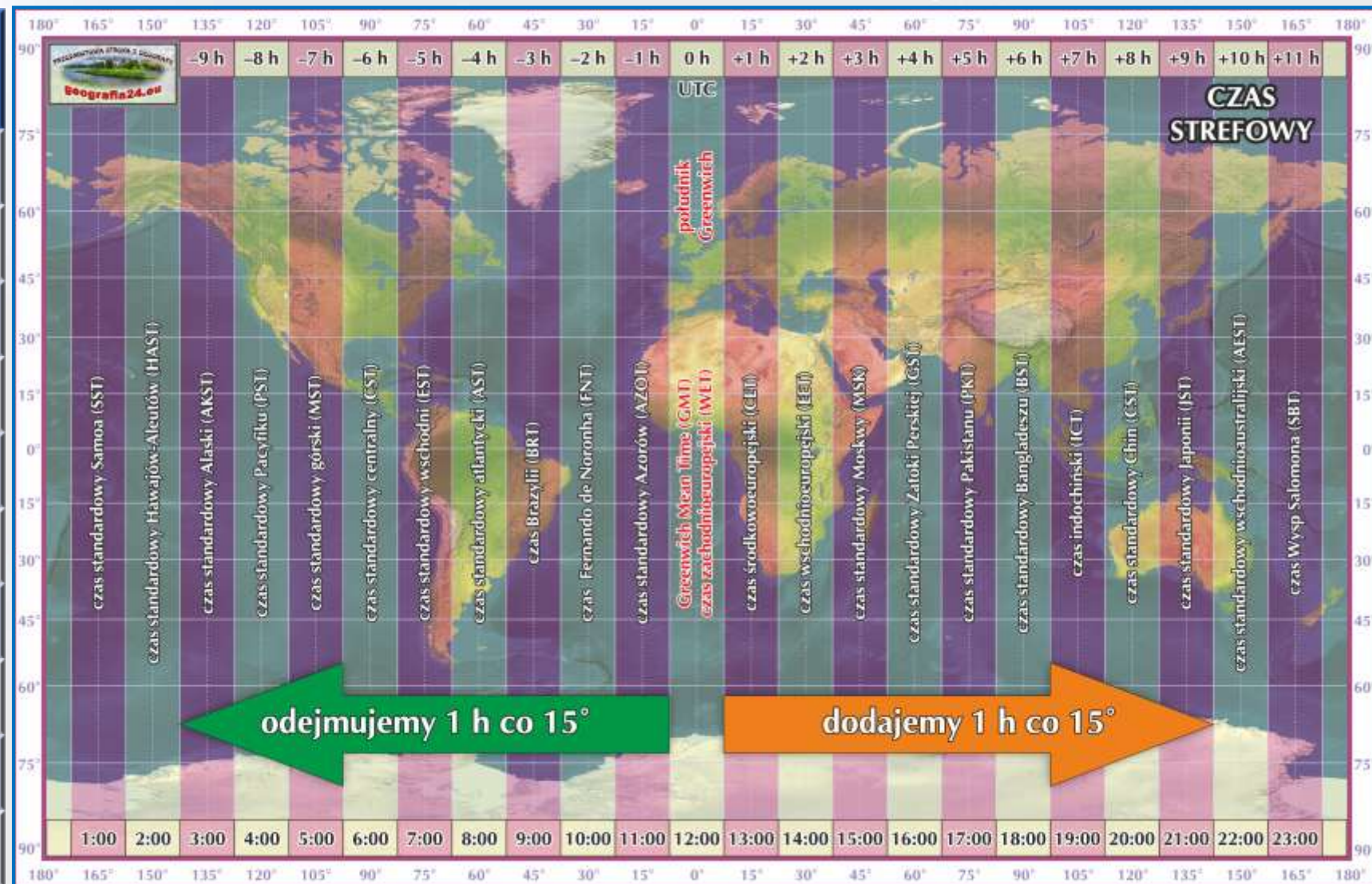
4 sek.

$60''$

4 sek.

$15''$

1 sek.



# Zadanie 1. Przeliczanie miary kątowej obrotu Ziemi na czas obrotu

→ Przelicz miarę kątową obrotu wynoszącą  $155^{\circ}48'$  na czas obrotu Ziemi (w godzinach, minutach i sekundach). Przyjmij, że pełny obrót Ziemi wynosi  $360^{\circ}$  i odpowiada 24 godzinom.

→ **Dane:** .....

→ **Szukane:** .....

→ **Rozwiązanie:** .....

.....

.....

.....

→ **Odpowiedź:** ..... .



# Zadanie 1. Przeliczanie miary kątowej obrotu Ziemi na czas obrotu (rozwiązanie)

→ Przelicz miarę kątową obrotu wynoszącą  $155^{\circ}48'$  na czas obrotu Ziemi (w godzinach, minutach i sekundach). Przyjmij, że pełny obrót Ziemi wynosi  $360^{\circ}$  i odpowiada 24 godzinom.

→ **Dane:** miara kątowa obrotu:  $155^{\circ}48'$

→ **Szukane:** czas obrotu Ziemi = ?

→ **Rozwiązanie:**

1. Przyjmujemy, że pełny obrót Ziemi ( $360^{\circ}$ ) odpowiada 24 godz.

→ Stąd wiemy, że:  $1^{\circ} = 4 \text{ minuty}$  (czasowe) oraz  $1' = 4 \text{ sekundy}$

2. Obliczamy czas odpowiadający częściom miary kątowej:

→ dla stopni kątowych: mnożymy liczbę stopni przez 4 min.,

→ dla minut kątowych: mnożymy liczbę minut przez 4 sekundy.

$$\text{czas obrotu} = (155 \cdot 4 \text{ min}) + (48 \cdot 4 \text{ sek.}) = 620 \text{ min} + 192 \text{ sek.}$$

3. Przed podaniem końcowej odpowiedzi należy uporządkować jednostki czasu (odpowiednio je zamienić oraz zsumować):

$$\text{czas obrotu} = 620 \text{ min} + 192 \text{ sek.} = 10 \text{ h } 20 \text{ min} + 3 \text{ min } 12 \text{ sek.} = 10 \text{ h } 23 \text{ min } 12 \text{ sek.}$$

→ **Odpowiedź:** Miara kątowa obrotu  $155^{\circ}48'$  po przeliczeniu na czas obrotu Ziemi wynosi **10 h 23 min 12 sek.**



## Zadanie 2. Przeliczanie czasu obrotu Ziemi na miarę kątową obrotu

→ Przelicz czas obrotu Ziemi wynoszący 14 h 15 min 18 sek. na miarę kątową obrotu (w stopniach, minutach i sekundach kątowych). Przyjmij, że Ziemia w czasie 24 godzin wykonuje jeden pełny obrót wokół własnej osi.

→ **Dane:** .....

→ **Szukane:** .....

→ **Rozwiązanie:** .....

.....

.....

.....

→ **Odpowiedź:** ..... .



## Zadanie 2. Przeliczanie czasu obrotu Ziemi na miarę kątową obrotu (rozwiązanie)

→ Przelicz czas obrotu Ziemi wynoszący 14 h 15 min 18 sek. na miarę kątową obrotu (w stopniach, minutach i sekundach kątowych). Przyjmij, że Ziemia w czasie 24 godzin wykonuje jeden pełny obrót wokół własnej osi.

→ **Dane:** czas obrotu Ziemi: 14 h 15 min 18 sek.

→ **Szukane:** miara kątowa obrotu Ziemi = ?

→ **Rozwiązanie:**

1. Przyjmujemy, że w czasie 24 godz. Ziemia wykonuje pełny obrót.

→ Stąd wiemy, że: 1 h =  $15^\circ$  (kątowych), 1 min =  $15'$ , 1 sek. =  $15''$

2. Obliczamy miarę kątową obrotu Ziemi odpowiadającą poszczególnym częściom czasu obrotu:

→ dla godzin: mnożymy liczbę godzin przez 15 stopni kątowych,

→ dla minut: mnożymy liczbę minut przez 15 minut kątowych,

→ dla sekund: mnożymy liczbę sekund przez 15 sekund kątowych.

$$\text{miara kątowa obrotu} = (14 \cdot 15^\circ) + (15 \cdot 15') + (18 \cdot 15'') = 210^\circ + 225' + 270''$$

3. Na końcu należy uporządkować jednostki katowe obrotu Ziemi:

$$\text{miara kątowa obrotu} = 210^\circ + 225' + 270'' = 210^\circ + 3^\circ 45' + 4' 30'' = 213^\circ 49' 30''$$

→ **Odpowiedź:** Czasu obrotu Ziemi 14 h 15 min 18 sek. po przeliczeniu na miarę kątową obrotu wynosi  $213^\circ 49' 30''$ .



### Zadanie 3. Przeliczanie miary kątowej obrotu na czas obrotu (lub odwrotnie)

→ Wykorzystaj zdobytą wcześniej wiedzę i dokonaj przeliczenia miary kątowej obrotu na czas obrotu (lub odwrotnie).

| Miara kątowa obrotu | Czas obrotu         |
|---------------------|---------------------|
| 12°                 | .....               |
| .....               | 8 h                 |
| 2,5°                | .....               |
| .....               | 28 min              |
| 53'                 | .....               |
| .....               | 16 sek.             |
| 18'                 | .....               |
| .....               | 6 h 17 min          |
| 115°17'             | .....               |
| 219°57'             | .....               |
| .....               | 17 h 45 min 25 sek. |

• Czas obrotu podaj z dokładnością do sekund

## Zadanie 3. Przeliczanie miary kątowej obrotu na czas obrotu (lub odwrotnie) (rozwiązanie)

→ Zwróć uwagę na staranność obliczeń (inaczej się pogubisz!).

| Miara kątowa obrotu                                                                                                                                | Czas obrotu                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $12^\circ$                                                                                                                                         | $12 \cdot 4 \text{ min} = 48 \text{ min}$                                                                                                                                                                         |
| $8 \cdot 15^\circ = 120^\circ$                                                                                                                     | 8 h                                                                                                                                                                                                               |
| $2,5^\circ$                                                                                                                                        | $2,5 \cdot 4 \text{ min} = 10 \text{ min}$                                                                                                                                                                        |
| $28 \cdot 15' = 420' = 7^\circ$                                                                                                                    | 28 min                                                                                                                                                                                                            |
| 53'                                                                                                                                                | $53 \cdot 4 \text{ sek.} = 212 \text{ sek.} = 3 \text{ min } 32 \text{ sek.}$                                                                                                                                     |
| $15'' \cdot 16 = 240'' = 4'$                                                                                                                       | 16 sek.                                                                                                                                                                                                           |
| 18'                                                                                                                                                | $18 \cdot 4 \text{ sek.} = 72 \text{ sek.} = 1 \text{ min } 12 \text{ sek.}$                                                                                                                                      |
| $(6 \cdot 15^\circ) + (17 \cdot 15') = 90^\circ + 255' = 94^\circ 15'$                                                                             | 6 h 17 min                                                                                                                                                                                                        |
| $115^\circ 17'$                                                                                                                                    | $(115 \cdot 4 \text{ min}) + (17 \cdot 4 \text{ sek.}) = 460 \text{ min} + 68 \text{ sek.} = 7 \text{ h } 41 \text{ min } 8 \text{ sek.}$                                                                         |
| $219^\circ 57'$                                                                                                                                    | $(219 \cdot 4 \text{ min}) + (57 \cdot 4 \text{ sek.}) = 876 \text{ min} + 228 \text{ sek.} =$<br>$14 \text{ h } 36 \text{ min} + 3 \text{ min } 48 \text{ sek.} = 14 \text{ h } 39 \text{ min } 48 \text{ sek.}$ |
| $(17 \cdot 15^\circ) + (45 \cdot 15') + (25 \cdot 15'') = 255^\circ + 675' + 375'' =$<br>$255^\circ + 11^\circ 15' + 6' 15'' = 266^\circ 21' 15''$ | 17 h 45 min 25 sek.                                                                                                                                                                                               |

## Zadanie 4. Obliczanie rozciągłości równoleżnikowej

→ Oblicz rozciągłość równoleżnikową pomiędzy poniżej podanymi miejscowościami.

→ **Ważne – pamiętaj!**

→ Jeżeli dwa punkty leżą na tej samej półkuli, liczymy różnicę długości geograficznych.

→ Jeżeli punkty leżą na różnych półkulach, obliczamy sumę długości geograficznych, uwzględniając najkrótszą drogę między miejscowościami.

→ Jeżeli suma przekracza  $180^\circ$ , oznacza to, że wybrano dłuższą trasę wzdłuż równoleżnika – w takim przypadku należy poprawić obliczenia, wybierając krótszą drogę wzdłuż równoleżnika (jak w ostatnim przykładzie).

| Punkty                                                                                                                     | Miejsce na obliczenia |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Warszawą ( <b><math>21^\circ\text{E}</math></b> )<br>a<br>Lwowem ( <b><math>24^\circ\text{E}</math></b> )                  | .....                 |
| Jeziolem Alberta ( <b><math>29^\circ30'\text{E}</math></b> )<br>a<br>Abidżanem ( <b><math>4^\circ02'\text{W}</math></b> )  | .....                 |
| Górami Brooksa ( <b><math>162^\circ\text{W}</math></b> )<br>a<br>Bristolem ( <b><math>2^\circ35'\text{W}</math></b> )      | .....                 |
| Los Angeles ( <b><math>118^\circ14'\text{W}</math></b> )<br>a<br>Wellingtonem ( <b><math>174^\circ46'\text{E}</math></b> ) | .....                 |

## Zadanie 4. Obliczanie rozciągłości równoleżnikowej (rozwiązanie)

→ Oblicz rozciągłość równoleżnikową pomiędzy poniżej podanymi miejscowościami.

→ **Ważne – pamiętaj!**

→ Jeżeli dwa punkty leżą na tej samej półkuli, liczymy różnicę długości geograficznych.

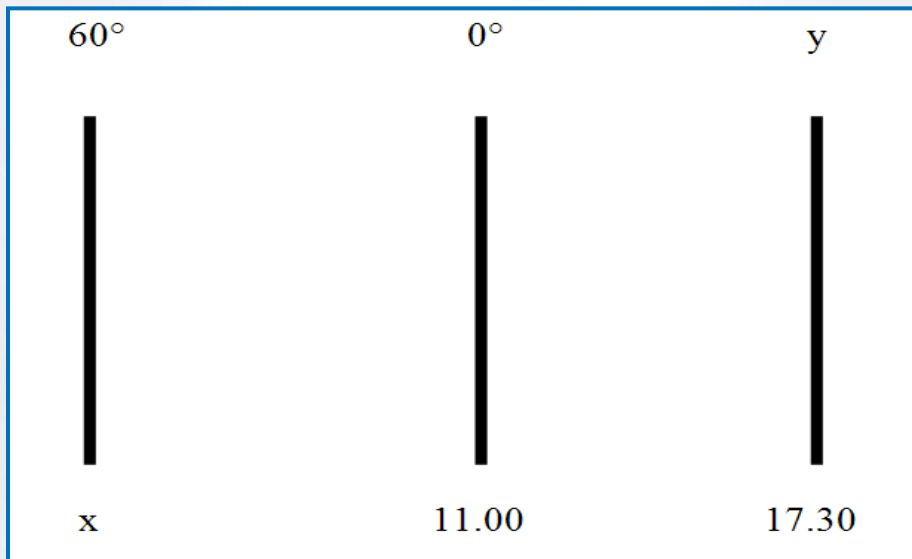
→ Jeżeli punkty leżą na różnych półkulach, obliczamy sumę długości geograficznych, uwzględniając najkrótszą drogę między miejscowościami.

→ Jeżeli suma przekracza  $180^\circ$ , oznacza to, że wybrano dłuższą trasę wzdłuż równoleżnika – w takim przypadku należy poprawić obliczenia, wybierając krótszą drogę wzdłuż równoleżnika (jak w ostatnim przykładzie).

| Punkty                                                                                   | Miejsce na obliczenia                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Warszawą ( $21^\circ\text{E}$ )<br>a<br>Lwowem ( $24^\circ\text{E}$ )                    | Ta sam półkula (odejmujemy): $RR = 24^\circ - 21^\circ = 3^\circ$                                                                                                                                                                         |
| Jeziolem Alberta ( $29^\circ 30'\text{E}$ )<br>a<br>Abidżanem ( $4^\circ 02'\text{W}$ )  | Różne półkule (dodajemy): $RR = 29^\circ 30' + 4^\circ 02' = 33^\circ 32'$                                                                                                                                                                |
| Górami Brooksa ( $162^\circ\text{W}$ )<br>a<br>Bristolem ( $2^\circ 35'\text{W}$ )       | Ta sam półkula (odejmujemy): $RR = 162^\circ - 2^\circ 35' = 159^\circ 25'$                                                                                                                                                               |
| Los Angeles ( $118^\circ 14'\text{W}$ )<br>a<br>Wellingtonem ( $174^\circ 46'\text{E}$ ) | Różne półkule (dodajemy; uwzględniamy najkrótszą drogę wzdłuż równoleżnika; droga przebiega przez południk $180^\circ$ ):<br>$RR = (180^\circ - 118^\circ 14') + (180^\circ - 174^\circ 46') = 61^\circ 46' + 5^\circ 14' = 67^\circ 00'$ |

## Zadanie 5. Obliczanie czasu słonecznego (miejscowego, lokalnego)

- Określ czas słoneczny (miejscowy –  $x$ ) i długość geograficzną danego południka –  $y$ .
- Wykorzystaj zamieszczony poniżej rysunek.



**Obliczenia:**

→ .....

**Odpowiedź:** .....



# Zadanie 5. Obliczanie czasu słonecznego (miejscowego, lokalnego) (rozwiązanie)

→ Określ czas słoneczny (miejscowy – x) i długość geograficzną danego południka – y.

→ Wykorzystaj zamieszczony poniżej rysunek.

→ **Dane:** godz.  $\lambda_0^\circ$  – godz. 11.00;

→ **Szukane:** godz.  $\lambda_{60^\circ W}$  – ? oraz  $\lambda_{?^\circ E}$  – godz. 17.30

→ **Obliczenia:**

→ Różnica w dł. geogr. =  $60^\circ$ ,

→ Przeliczamy ją na czas, czyli  $60 \cdot 4 \text{ min} = 240 \text{ min} = 4 \text{ h}$

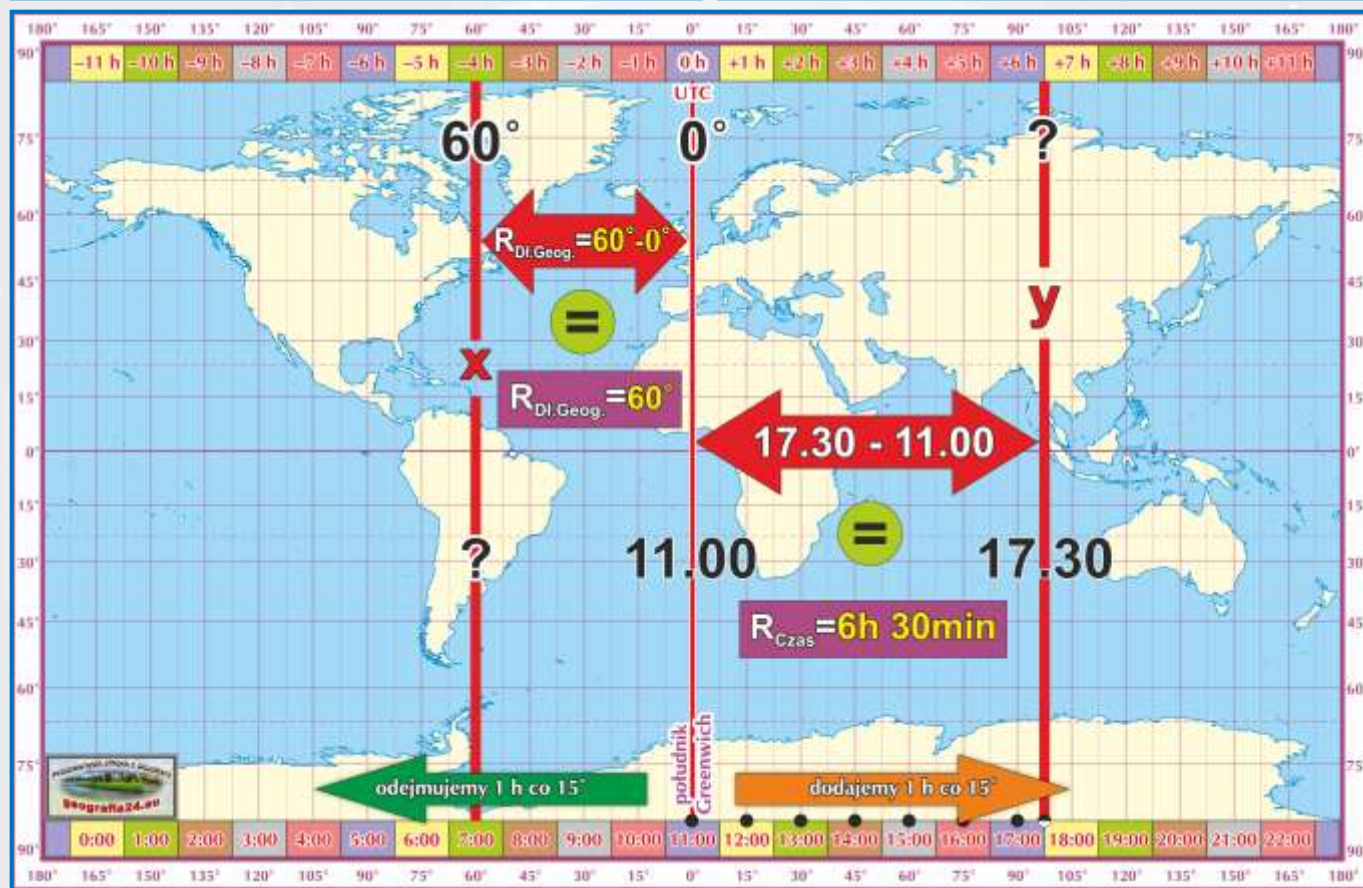
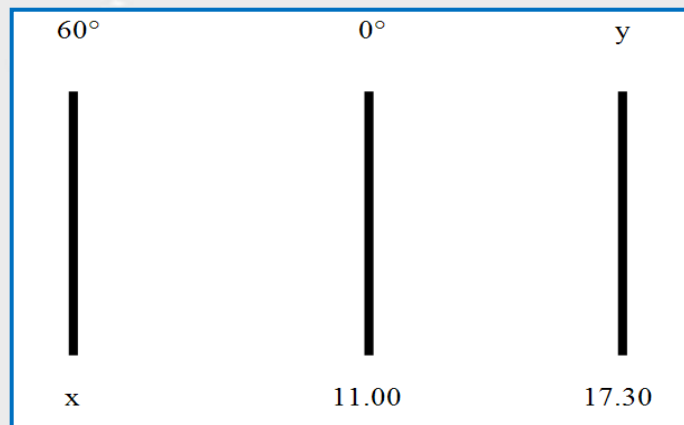
(4 godziny wcześniej jest na zachodzie)

→ Godz. Miejsca x =  $11.00 - 4 \text{ h} = 7.00$

→ Różnica w czasie:  $17 \text{ h } 30 \text{ min} - 11 \text{ h} = 6 \text{ h } 30 \text{ min}$

$\lambda_{\text{południka } y} = 6 \cdot 15^\circ + 30 \cdot 15' = 90^\circ + 450' = 97^\circ 30'$

**Odpowiedź:** W miejscu x jego godzina **7.00**, zaś godzina 17.30 jest na południku  **$97^\circ 30'$** .



## Zadanie 6. Obliczanie czasu słonecznego (miejscowego, lokalnego)

→ Na  $65^{\circ}\text{E}$  jest godzina 2.00 dnia 3 września.  
Podaj godzinę i datę w miejscowości leżącej  
na  $115^{\circ}$  długości zachodniej.

→ **Dane:** .....

→ **Szukane:** .....

→ **Rozwiązanie:** .....

.....

.....

.....

→ **Odpowiedź:** .....



## Zadanie 6. Obliczanie czasu słonecznego (miejscowego, lokalnego) (rozwiązanie)

→ Na  $65^{\circ}\text{E}$  jest godzina 2.00 dnia 3 września. Podaj godzinę i datę w miejscowości leżącej na  $115^{\circ}$  długości zachodniej.

→ **Dane:** data i godz.  $\lambda_{65^{\circ}\text{E}}$  – 3 września godz. 2.00;

→ **Szukane:** data i godz.  $\lambda_{115^{\circ}\text{W}}$  – ?

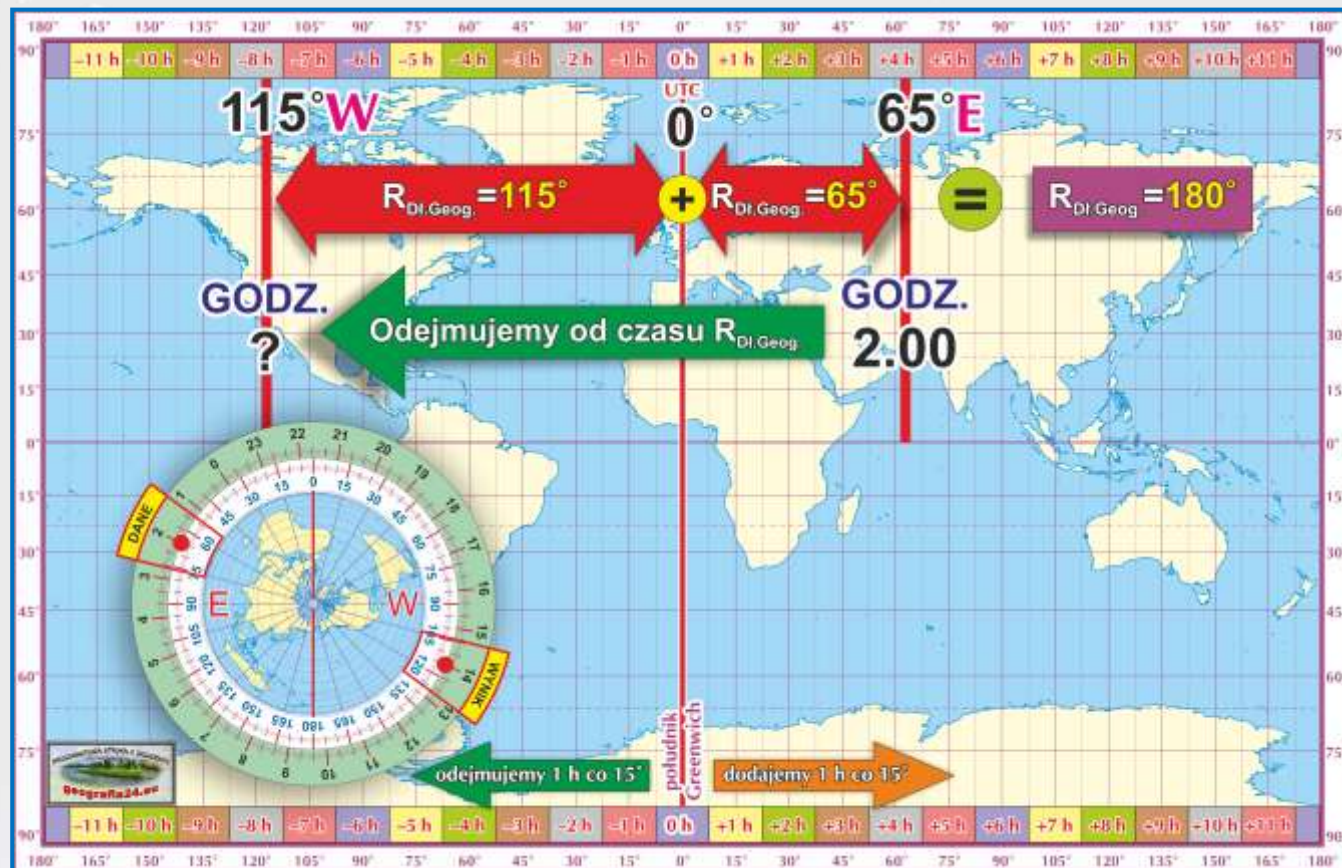
→ **Rozwiązanie:**

→ Różnica w dł. geogr. =  $115^{\circ} + 65^{\circ} = 180^{\circ}$

→ Przeliczamy ją na czas:  $180^{\circ} = 12\text{ h}$

→ Obliczamy datę i godzinę dla  $\lambda_{\text{południka } 115^{\circ}\text{W}} = 2.00 - 12\text{ h} = 14.00$  poprzedniego dnia, czyli dnia **2 września**

→ **Odpowiedź:** W miejscowości leżącej na  $115^{\circ}\text{W}$  jest godzina **14.00 dnia 2 września**.



## Zadanie 7. Obliczanie czasu słonecznego (miejscowego, lokalnego)

→ Zegar słoneczny w Krakowie ( $50^{\circ}03'N$ ,  $19^{\circ}57'E$ ) wskazuje godzinę 16.00, dnia 10 grudnia. Która godzina czasu słonecznego i jaka data jest w Pittsburghu ( $40^{\circ}27'N$ ,  $79^{\circ}55'W$ )?

→ **Dane:** .....

→ **Szukane:** .....

→ **Rozwiązanie:** .....

.....

.....

.....

→ **Odpowiedź:** .....



# Zadanie 7. Obliczanie czasu słonecznego (miejscowego, lokalnego) (rozwiązanie)

→ Zegar słoneczny w Krakowie ( $50^{\circ}03'N$ ,  $19^{\circ}57'E$ ) wskazuje godzinę 16.00, dnia 10 grudnia. Która godzina czasu słonecznego i jaka data jest w Pittsburghu ( $40^{\circ}27'N$ ,  $79^{\circ}55'W$ )?

→ **Dane:** data i godz.  $\lambda_{\text{Kraków: } 19^{\circ}57'E}$  – 10.XII godz. 16.00;

→ **Szukane:** data i godz.  $\lambda_{\text{Pittsburgh } 79^{\circ}55'W}$  – ?

→ **Rozwiązanie:**

- Różnica w dł. geogr. =  $19^{\circ}57' + 79^{\circ}55' = 99^{\circ}52'$
- Przeliczamy ją na czas:  $99^{\circ}52' = 99 \cdot 4 \text{ min} + 52 \cdot 4 \text{ sek.} = 396 \text{ min} + 208 \text{ sek.} = 6 \text{ h } 36 \text{ min} + 3 \text{ min } 28 \text{ sek.} = 6 \text{ h } 39 \text{ min } 28 \text{ sek.}$
- Obliczamy datę i godzinę dla  $\lambda_{\text{Pittsburgh } 79^{\circ}55'W} = 16.00 - 6 \text{ h } 39 \text{ min } 28 \text{ sek.} = 9.20 \text{ (32 sek.)}$  tego samego dnia, czyli **10 grudnia**

→ **Odpowiedź:** W miejscowości Pittsburgh jest godzina 9.20 (32 sek.) dnia 10 grudnia.



## Zadanie 8. Obliczanie czasu urzędowego

→ Twój kolega z Pekinu planował wybrać się w czerwcu 2012 r. na Euro w Polsce. Wyobraź sobie, że chciałeś(aś) omówić z nim na kilka dni przed tym wydarzeniem sprawy formalne przez telefon o godzinie 8.00 według tamtejszego czasu (Pekin:  $39^{\circ}55'N$ ,  $116^{\circ}25'E$ ). Przyjmij, że czas urzędowy Pekinu pokrywa się z czasem strefowym tego miasta. Oblicz o której musiałeś(aś) zadzwonić do niego z Warszawy ( $52^{\circ}15'N$ ,  $21^{\circ}00'E$ ).

→ **Dane:** .....

→ **Szukane:** .....

→ **Rozwiązanie:** .....

.....

.....

.....

→ **Odpowiedź:** .....



## Zadanie 8. Obliczanie czasu urzędowego (rozwiązanie)

→ Twój kolega z Pekinu planował wybrać się w czerwcu 2012 r. na Euro w Polsce. Wyobraź sobie, że chciałeś(aś) omówić z nim na kilka dni przed tym wydarzeniem sprawę formalne przez telefon o godzinie 8.00 według tamtejszego czasu (Pekin:  $39^{\circ}55'N$ ,  $116^{\circ}25'E$ ). Przyjmij, że czas urzędowy Pekinu pokrywa się z czasem strefowym tego miasta. Oblicz o której musiałeś(aś) zadzwonić do niego z Warszawy ( $52^{\circ}15'N$ ,  $21^{\circ}00'E$ ).

→ **Dane:** Pekin:  $116^{\circ}25'E$  (tel. o godz. 8.00) i Warszawa:  $21^{\circ}00'E$

→ **Szukane:** Godz. rozmowy tel. Warszawy

→ **Rozwiązanie:**

→ Do obliczenia różnicy czasu należy wykorzystać długość geograficzną:

→ **Pekin** – czas urzędowy – **południk  $120^{\circ}E$**

→ **Warszawa** – czas urzędowy – **południk  $30^{\circ}E$**  (czas letni)

→ Różnica w dł. geogr. =  $120^{\circ} - 30^{\circ} = 90^{\circ}00'$

→ Przeliczamy ją na czas:  $90^{\circ}00' = 6\text{ h}$  – czyli pomiędzy Warszawą a Pekinem **jest 6 stref czasowych**

→ Obliczamy godzinę dla  $\lambda_{\text{(Warszawa)}} - \text{czas urzędowy strefy } 30^{\circ}E = 8.00 - 6\text{ h} = 2.00$

→ **Odpowiedź:** Aby omówić sprawę formalne z kolegą z Pekinu musiałeś(aś) zadzwonić z Warszawy o godzinie 2.00 tego wg czasu letniego Warszawy (czasu Polski i strefy czasowej + 2 czasu letniego).



## Zadanie 9. Obliczanie czasu lokalnego, strefowego i urzędowego

→ Oblicz czasy: lokalny (miejscowy), strefowy i urzędowy Warszawy ( $52^{\circ}15'N$ ,  $21^{\circ}00'E$ ), gdy w Waszyngtonie ( $38^{\circ}54'N$ ,  $77^{\circ}02'W$ ) jest 1 marca, godz. 8.00. Przyjmij, że w Waszyngtonie czas urzędowy jest zgodny ze strefowym.

→ **Dane:** .....

→ **Szukane:** .....

→ **Rozwiązanie:** .....

.....

.....

.....

→ **Odpowiedź:** ..... .



# Zadanie 9. Obliczanie czasu lokalnego, strefowego i urzędowego (rozwiązanie)

→ Oblicz czasy: lokalny (miejscowy), strefowy i urzędowy Warszawy ( $52^{\circ}15'N$ ,  $21^{\circ}00'E$ ), gdy w Waszyngtonie ( $38^{\circ}54'N$ ,  $77^{\circ}02'W$ ) jest 1 marca, godz. 8.00. Przyjmij, że w Waszyngtonie czas urzędowy jest zgodny ze strefowym.

→ **Dane:** Waszyngton:  $77^{\circ}02'W$  (1 marca, godz. 8.00) i Warszawa:  $21^{\circ}00'E$

→ **Szukane:** Czasy w Warszawie

→ **Rozwiązanie:**

**1. CZAS LOKALNY (MIEJSCOWY).** Różnica dł. geogr. =  $21^{\circ} + 77^{\circ}02' = 98^{\circ}02'$

→ Przeliczamy na czas:  $98^{\circ}02' = 98 \cdot 4 \text{ min} + 2 \cdot 4 \text{ sek.} = 392 \text{ min} + 8 \text{ sek.} = 6 \text{ h } 32 \text{ min } 8 \text{ sek.}$

→ Obliczamy godzinę – czasu lokalnego dla  $\lambda_{\text{(Warszawa)}} = 8.00 + 6 \text{ h } 32 \text{ min } 8 \text{ sek.} = 14.32 \text{ (8 sek.)} - \text{dnia } 1 \text{ marca}$

**2. CZAS STREFOWY.** Do obliczenia różnicy czasu należy wykorzystać długość geograficzną:

→ Waszyngton – czas strefowy – południk  $75^{\circ}W$  oraz Warszawa – czas strefowy – południk  $15^{\circ}E$  (1 marca – to czas zimowy)

→ Różnica w dł. geogr. =  $75^{\circ} + 15^{\circ} = 90^{\circ}$

→ Przeliczamy na czas:  $90^{\circ} = 6 \text{ h}$  (6 stref czasowych – różnica w czasie strefowym)

→ Obliczamy godzinę – czasu strefowego dla  $\lambda_{\text{(Warszawa)}} = 8.00 + 6 \text{ h} = 14.00 - \text{dnia } 1 \text{ marca}$

**3. CZAS URZĘDOWY.** Czasy urzędowe w obu miastach są takie same jak ich czasy strefowe – czyli w Warszawie będzie 1 marca – godzina 14.00 (obliczenia dla czasu urzędowego będą więc analogiczne do strefowego)

→ **Odpowiedź:** Czas w Warszawie: lokalny (miejscowy) – 14.32 (1.III), strefowy i urzędowy – 14.00 (1.III)



# KONIEC



**Materiały pomocnicze do nauki**  
**Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)**

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*  
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE**  
**- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**