



II. Ziemia we wszechświecie

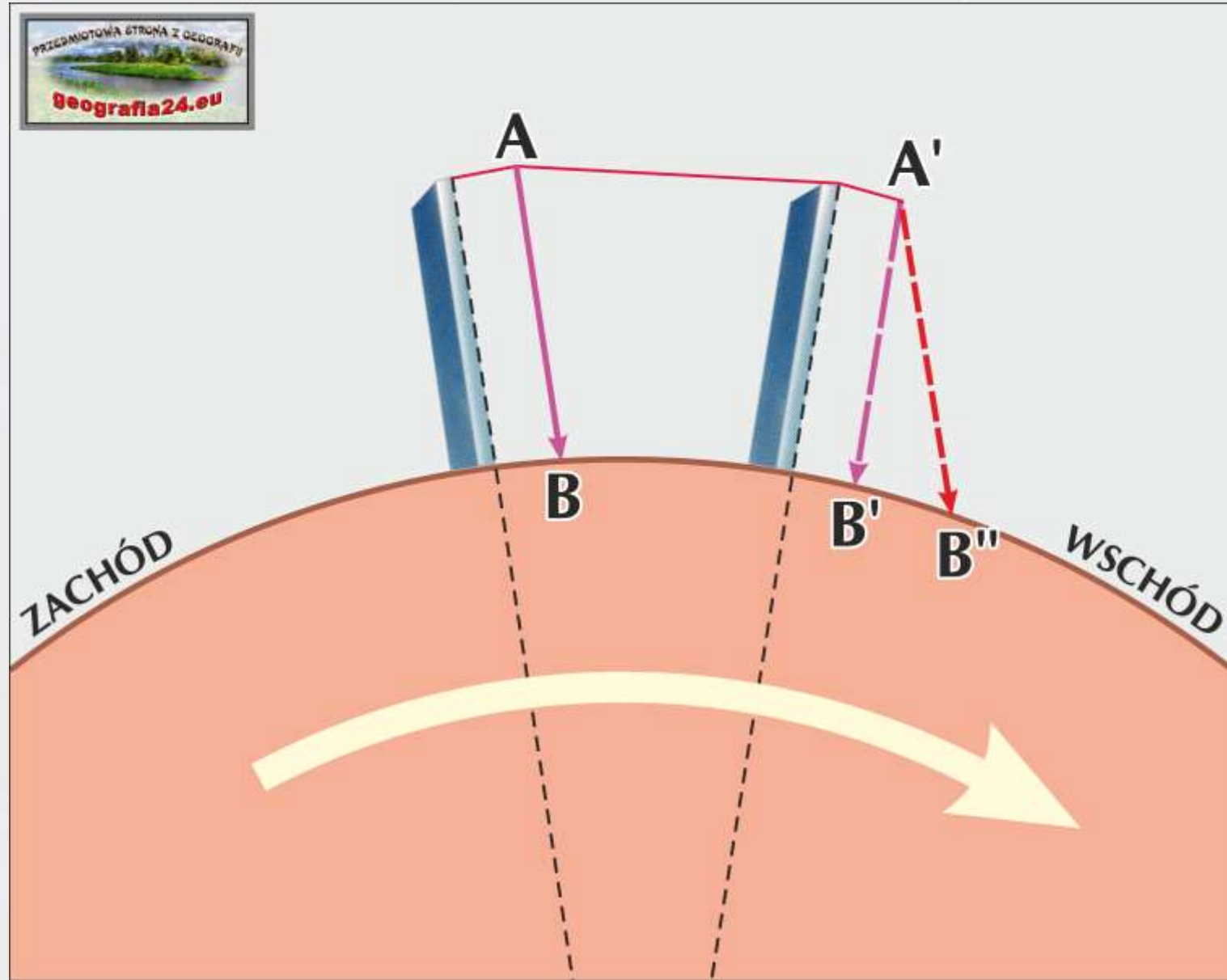
4. Ruch obrotowy Ziemi



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 rzucone 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).



Ciało spadające swobodnie z wieży spadnie na wschód od podstawy wieży.

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

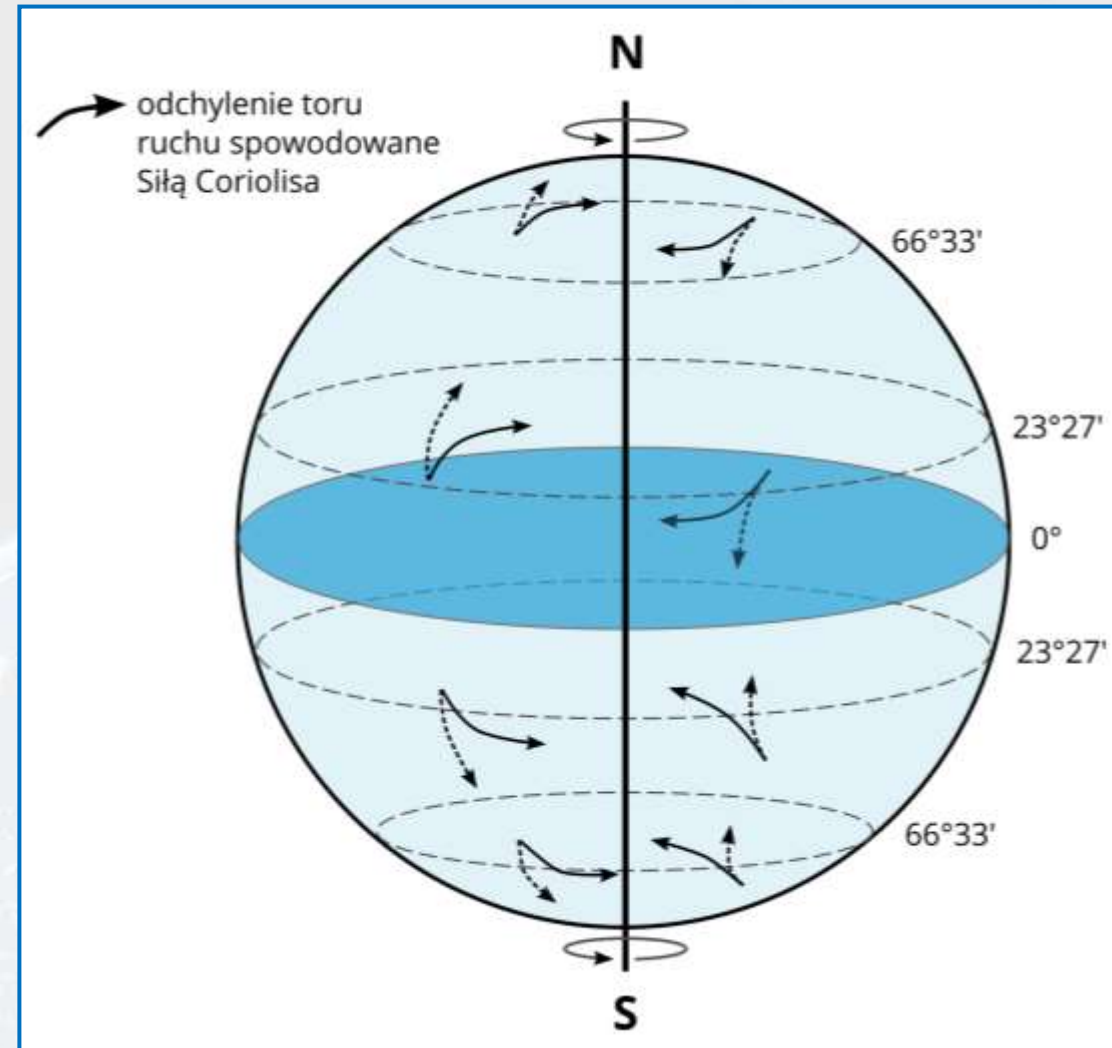
- Najlepszym dowodem na ruch obrotowy Ziemi jest **doświadczenie**, jakie przeprowadził w roku 1851 francuski fizyk **Jean Bernard Foucault**.
- Zawiesił on u szczytu kopuły paryskiego Panteonu (najwyższej wtedy budowli w Paryżu) na długim (67 m) drucie ciężką metalową kulę armatnią (28 kg), która mogła wykonywać swobodnie ruchy wahadłowe we wszystkich płaszczyznach.
- Gdyby Ziemia nie wykonywała ruchu obrotowego, płaszczyzna wahań nie zmieniałaby się.
 - Już po drugim wahnięciu płaszczyzna wahań 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 przesuwająby się południki.
 - Płaszczyzna wahań dokonałaby pełnego obrotu w ciągu doby.



Wahadło Foucaulta w Panteonie w Paryżu

3. Odchylenie 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).



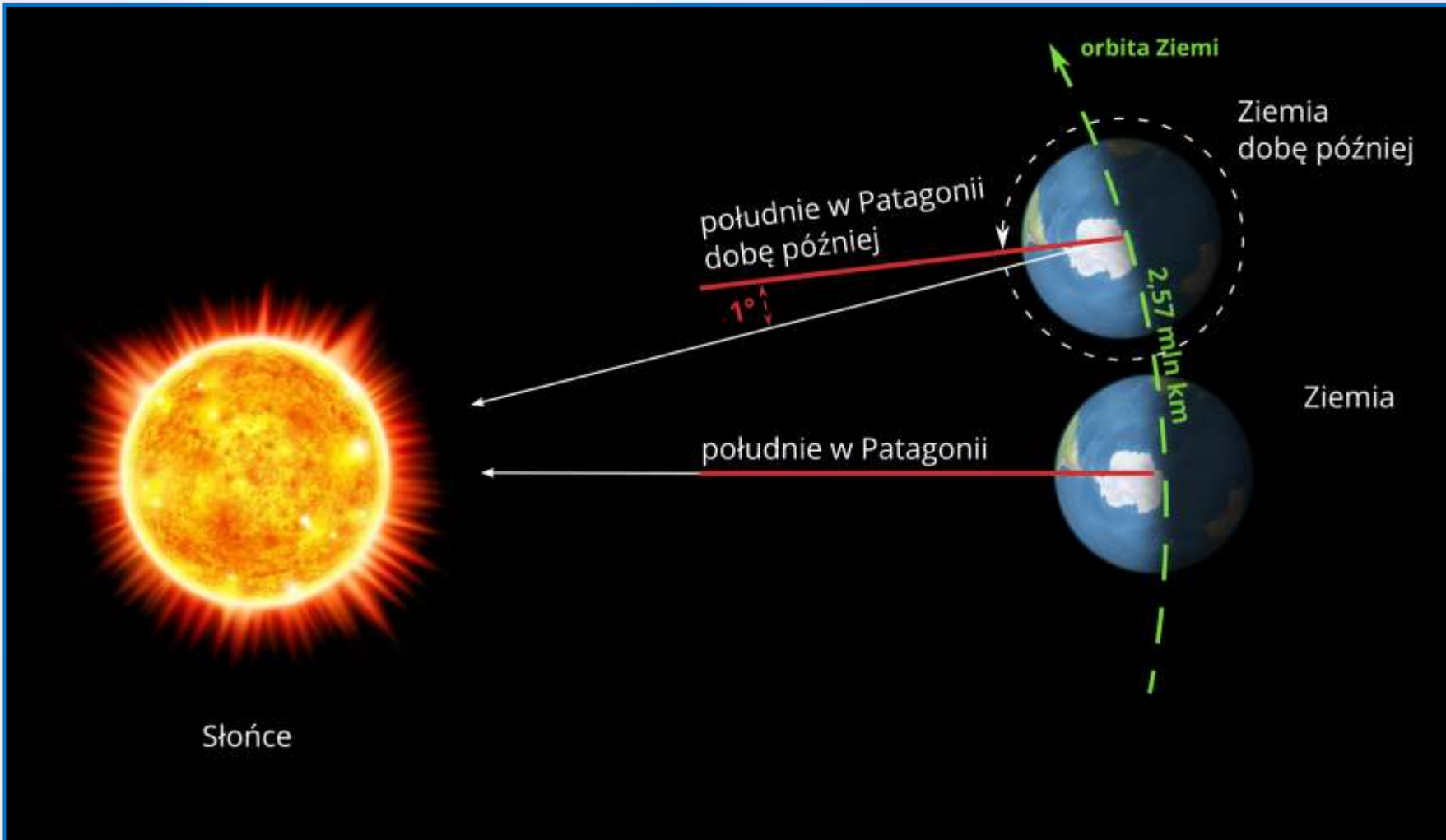
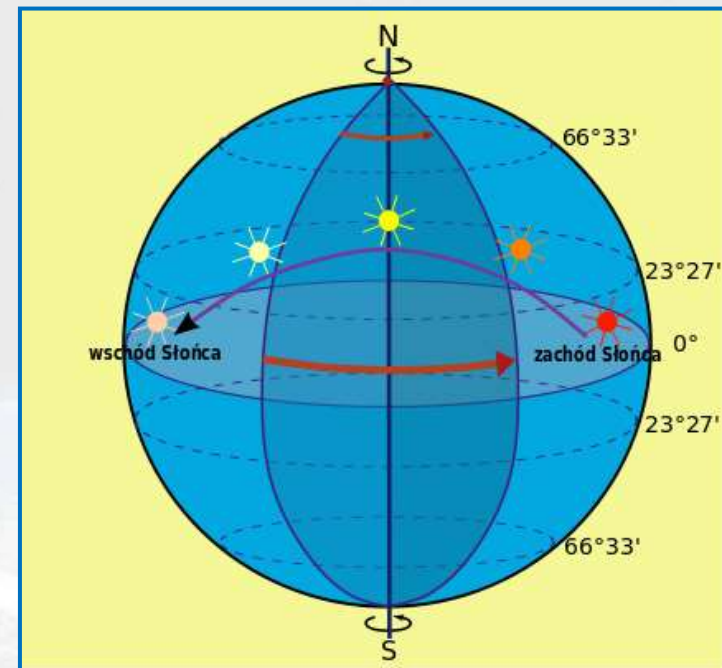
Ślady widomego ruchu gwiazd powstałe w wyniku długiego naświetlania



Parametry ruchu obrotowego Ziemi

Ruch sfery niebieskiej

- Ziemia obraca się wokół własnej osi **z zachodu na wschód** (przeciwnie do ruchu wskazówek zegara).
- **Z tego powodu widzimy ruch sfery niebieskiej w przeciwnym kierunku – ze wschodu na zachód.**

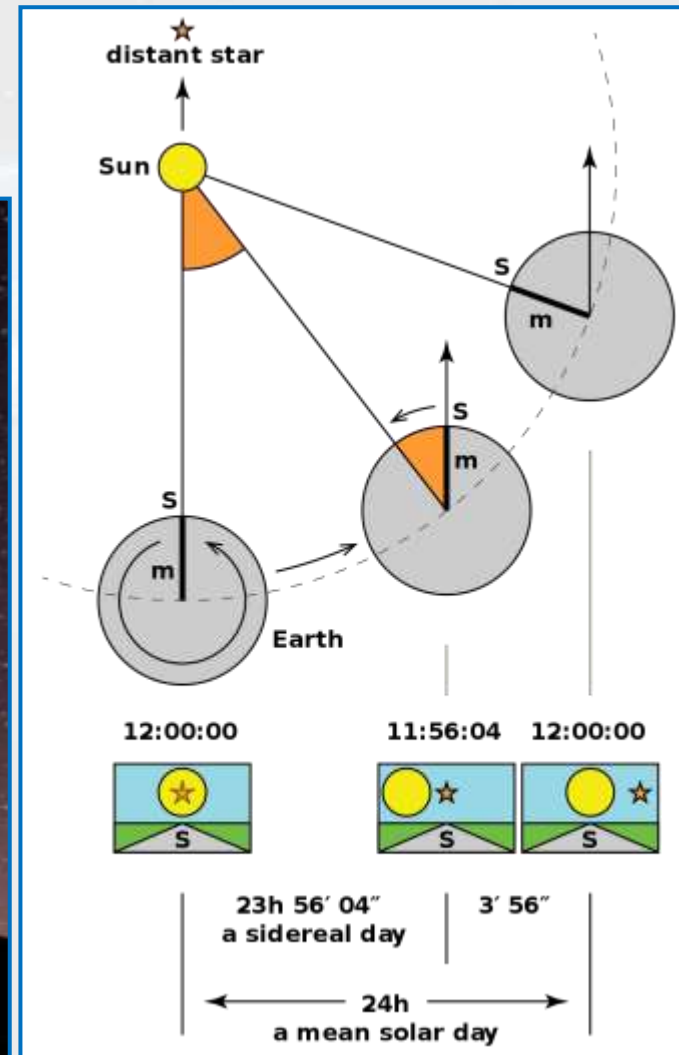
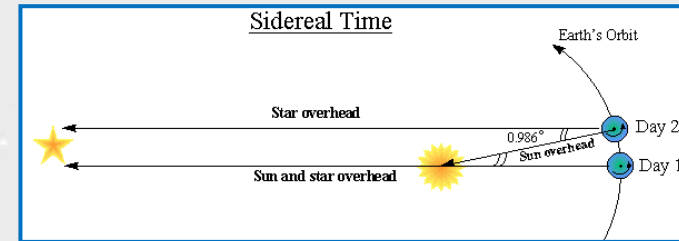


Doba – pełen obrót Ziemi wokół osi: doba gwiazdowa

→ **Doba gwiazdowa** – odpowiada rzeczywistemu czasowi obrotu Ziemi wokół własnej osi i definiowana jest jako czas pomiędzy dwoma kolejnymi górowaniami punktu Barana lub mogą to być też dwa kolejne górowania dowolnej gwiazdy oprócz Słońca, które jest zbyt blisko Ziemi aby wynik był prawidłowy,

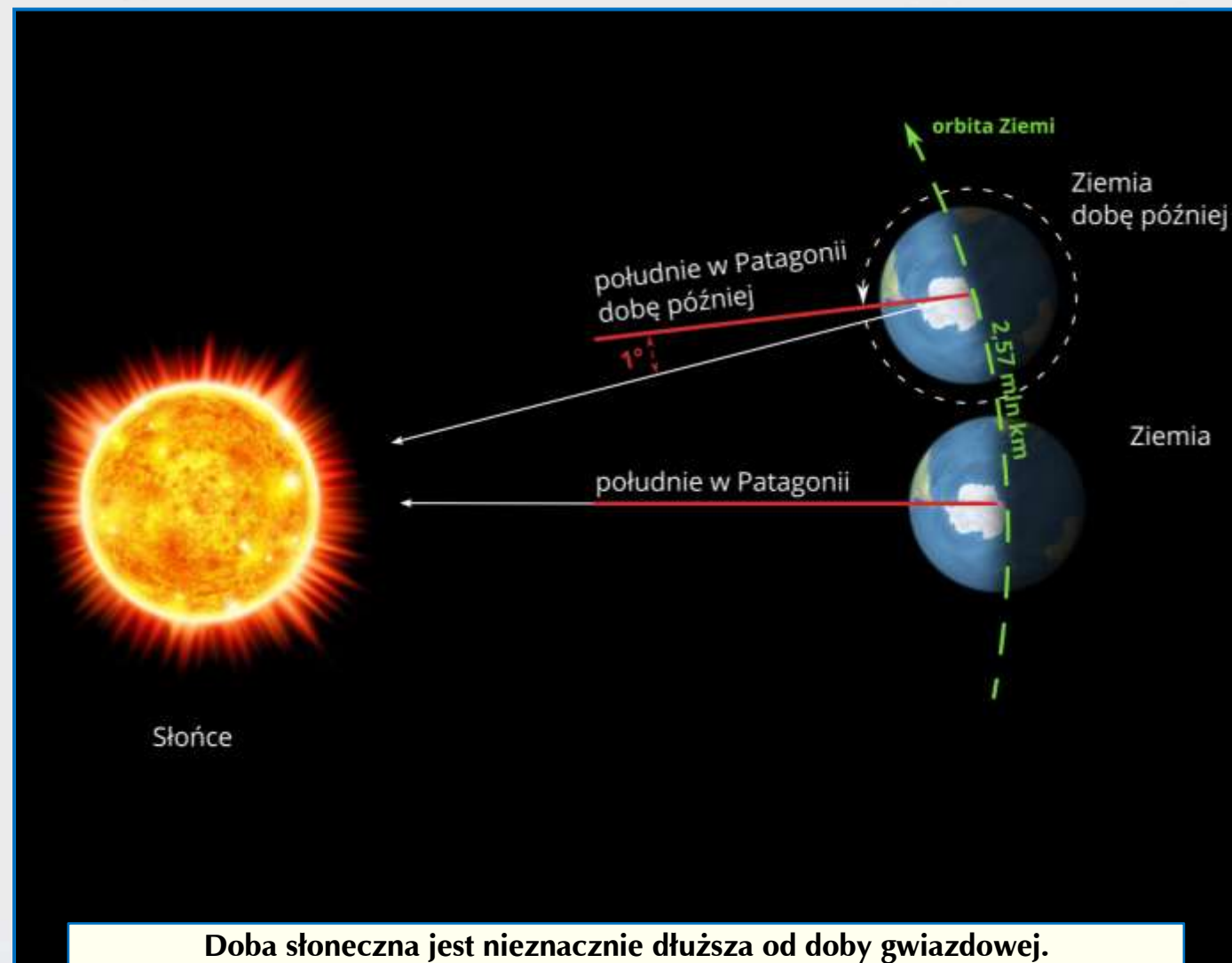
→ wynosi ona **23 godziny 56 minut i 04 sekundy**,

→ ulega wydłużeniu o około 0,001 sekundy na stulecie (w starszym paleozoiku wynosiła tylko 21 godzin).



Doba – pełen obrót Ziemi wokół osi: doba słoneczna

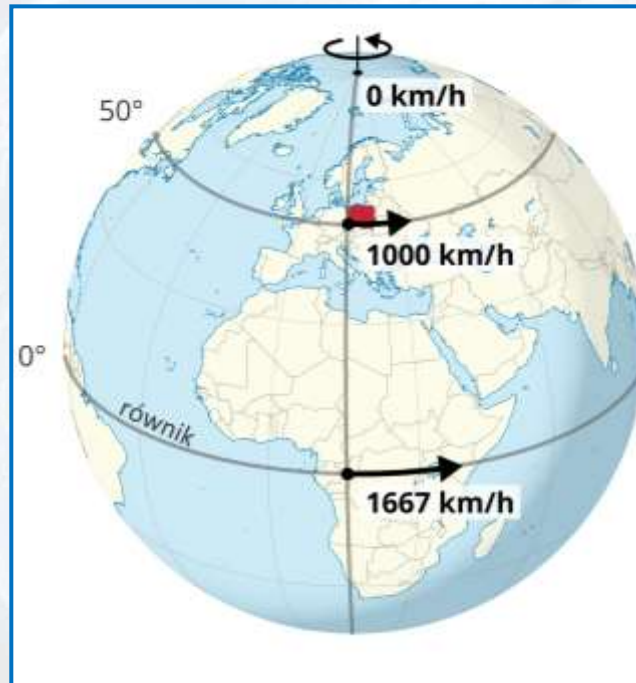
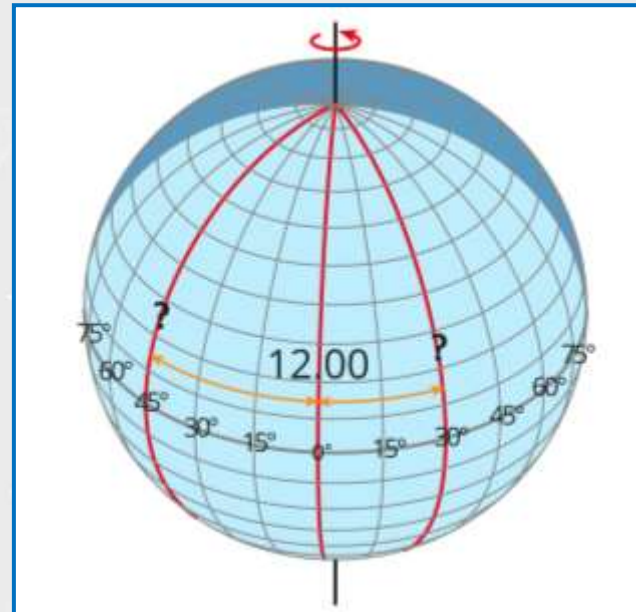
- **Dobę słoneczną** – wyznacza odstęp czasu pomiędzy dwoma kolejnymi górowaniami Słońca.
- Mierzy się ją od jednej kulminacji górnej środka tarczy słonecznej do kolejnej.
- Ponieważ w życiu codziennym bardzo kłopotliwe byłoby zmienianie daty w południe, ustalono, że w kalendarzu dobę będzie się liczyło 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 ok. 24 godzin** – jest ona tym samym dłuższa prawie 4 minuty od doby gwiazdowej.



Doba słoneczna jest nieznacznie dłuższa od doby gwiazdowej. Związane jest to z występowaniem zjawiska obracania się Ziemi wokół własnej osi i jednoczesnego pokonywania odległości ok. 2,57 mln km po orbicie wokół Słońca. Prowadzi to do tego, że pomiędzy jednym południem a następnym Ziemia względem Słońca musi wykonać obrót o kąt $360^\circ + 1^\circ$. Skutkuje to tym, że w ciągu roku Ziemia wykonuje jeden dodatkowy obrót wokół własnej osi.

Prędkość

- **Prędkość**, z jaką Ziemia wykonuje ruch wokół osi, możemy wyrazić jako prędkość liniowa lub kątowna.
- **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: $360^\circ : 24 \text{ h} = 15^\circ/\text{h}$.
- **Prędkość liniowa** – oznacza drogę, jaką pokona punkt na powierzchni Ziemi w jednostce czasu.
 - Prędkość ta przez człowieka w zasadzie nie jest odczuwana, ponieważ wraz z Ziemią wszystko porusza się dokładnie z taką samą prędkością.
 - Ten parametr jest **zmienny** – największy na równiku, **malejący w miarę zbliżania się do biegunów**, i tak prędkość liniowa punktów wynosi odpowiednio:
 - **w pobliżu równika** – około **1666,66 km/h**,
 - **na samym równiku** wynosi **1669,8 km/h**:
 - $40\,075 \text{ km} : 24 \text{ h} = 1669,8 \text{ km/h}$;
 - **na równoleżniku 50°** wynosi około **1100 km/h**;
 - **na biegunach** wynosi **0 km/h**.

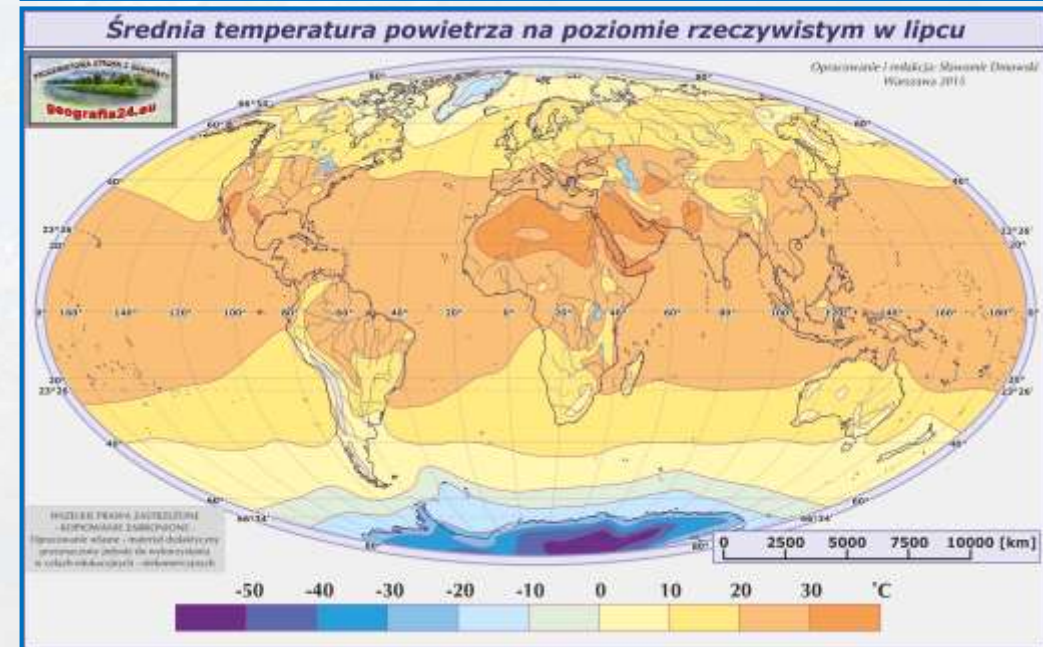
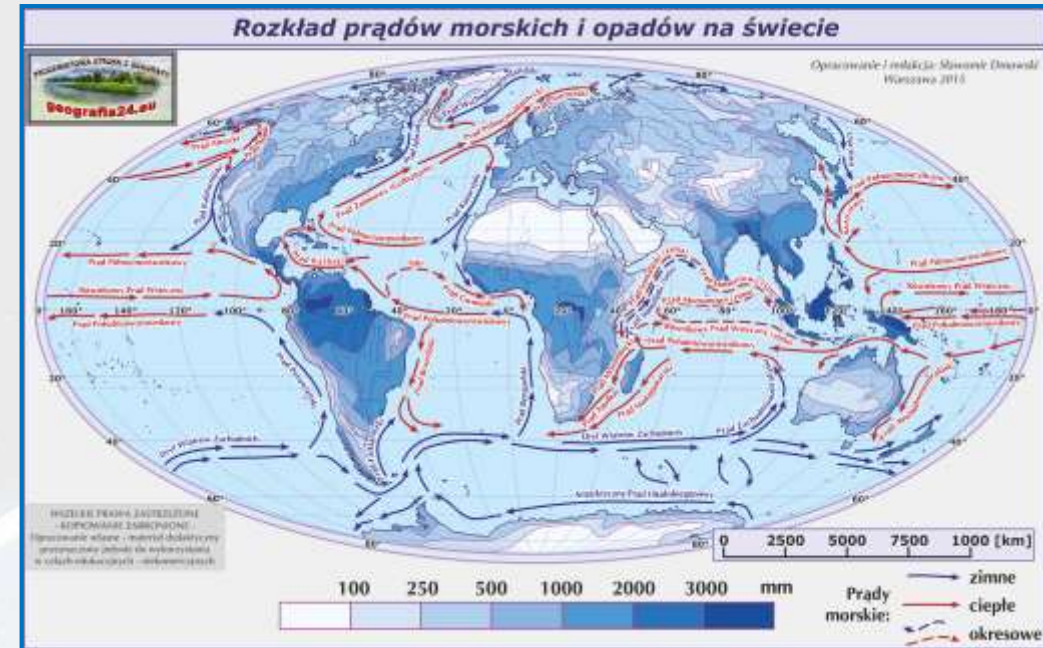




Konsekwencje (następstwa) ruchu obrotowego

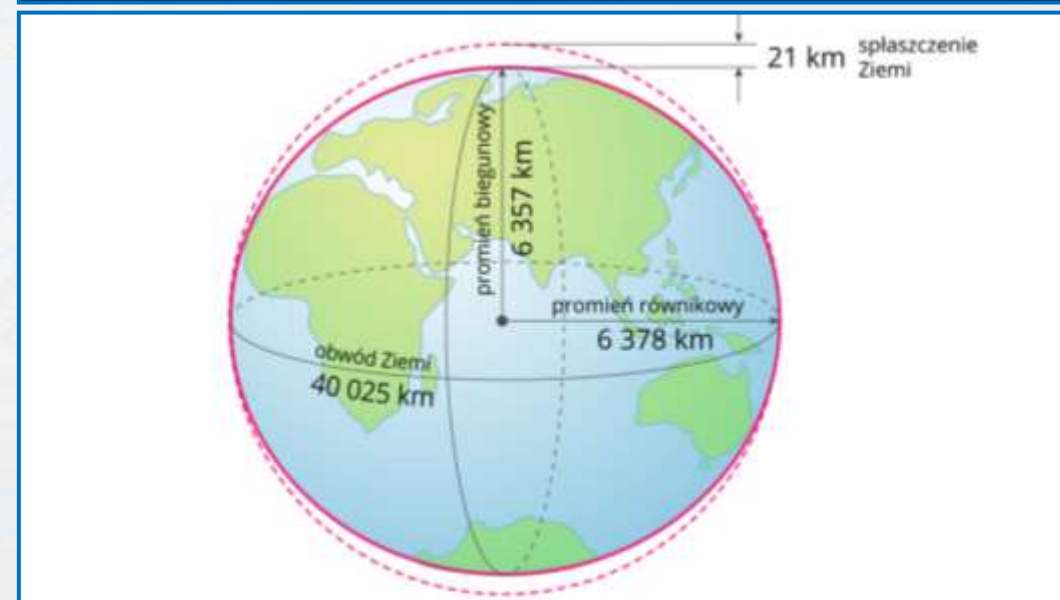
Najważniejsze konsekwencje ruchu obrotowego Ziemi

- 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**, która wpływa na:
 - następstwo dnia i nocy,
 - pojęcie 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,
 - 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).



KONIEC



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

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

**WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -**