

1. Obraz Ziemi

3b. Kształt i rozmiary Ziemi

Poglądy na temat kształtu Ziemi

- Poglądy na temat kształtu Ziemi zmieniały się wraz z poznawaniem przez człowieka świata oraz wraz z rozwojem wiedzy różnych nauk a także odkrywaniem czy konstruowaniem poszczególnych wynalazków.
 - W najstarszych etapach naszej historii, w starożytności wyobrażano sobie, że Ziemia ma postać **krążka (dysku)**, **pływającego po wodach Wszechocanu**.
 - Nieco później zrodziło się pojęcie Ziemi jako **olbrzymiej bryły**, **zawieszanej w kosmosie albo podtrzymywanej na barkach potężnego tytana - Atlasa czy przez słupy Herkulesa**.



Postępy w odkrywaniu kształtu i rozmiarów naszej planety

- Wśród osób kreujących pierwsze poglądy na kształt Ziemi największą rolę odegrali:
 - **Homer** w VIII wieku p.n.e. – mówiący, że świat jest **płaską tarczą** oblaną wodami szerokiej rzeki lub oceanu.



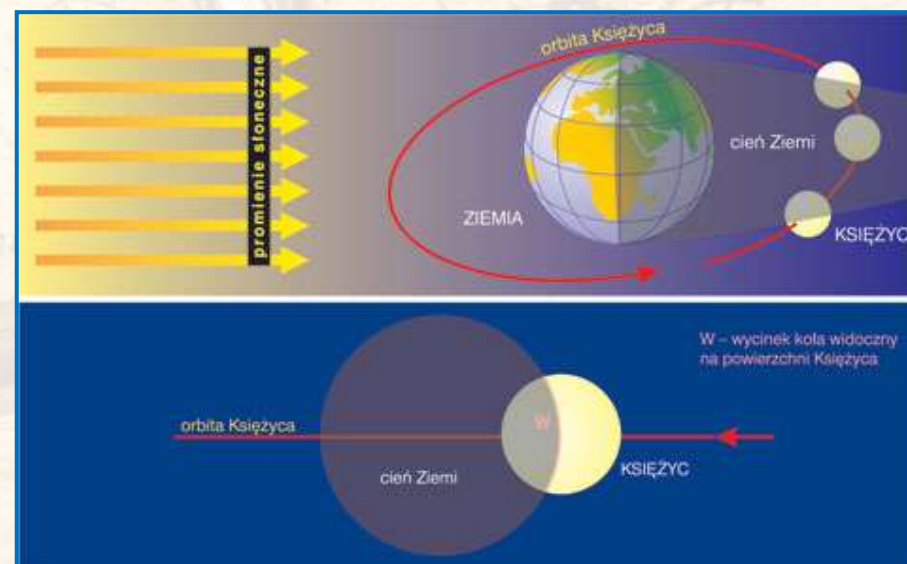
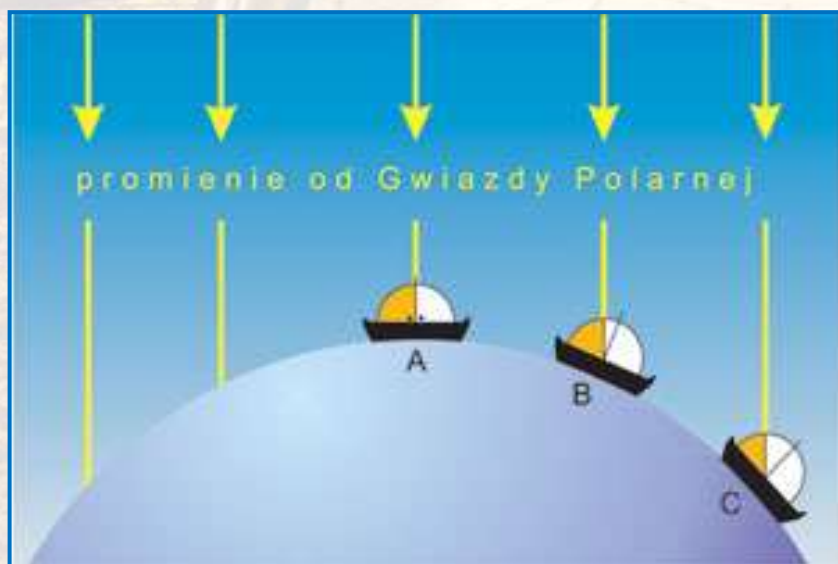
- **Anaksymander z Miletu**, który jako pierwszy narysował mapę świata, uwzględniając fakt, że wg niego Ziemia miała **kształt walca** (na górze zamieszkiwali ludzie i była to ekumena, otoczona dookoła falami oceanu).
- **Pitagoras** – który w VI wieku p.n.e. wysunął hipotezę o **kulistym kształcie Ziemi** (twierdził, że Ziemia ma najdoskonalszy, boski kształt, czyli kuli).

Postępy w odkrywaniu kształtu i rozmiarów naszej planety

- **Arystoteles** – **podał dowody na kulistość Ziemi** w IV wieku p.n.e. na podstawie:
 - **obserwacji statków** (jak statki zawijające do portu wyłaniały się stopniowo spoza horyzontu - musiały więc płynąć po łuku),

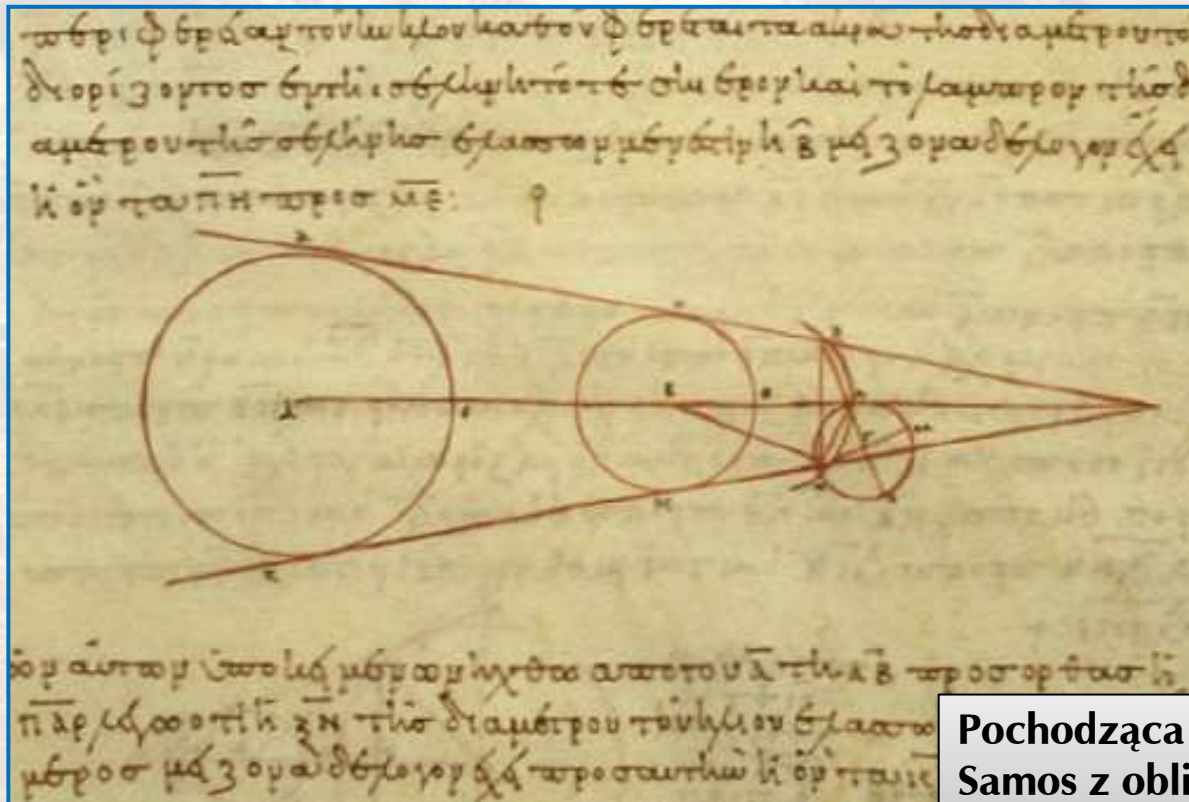


- **obserwacji nieba** (zauważył, że przemieszczając się wzdłuż południka, gwiazdy zmieniają wysokość oraz fakt istnienia cienia naszej planety na tarczy Księżyca w czasie zaćmienia).



Postępy w odkrywaniu kształtu i rozmiarów naszej planety

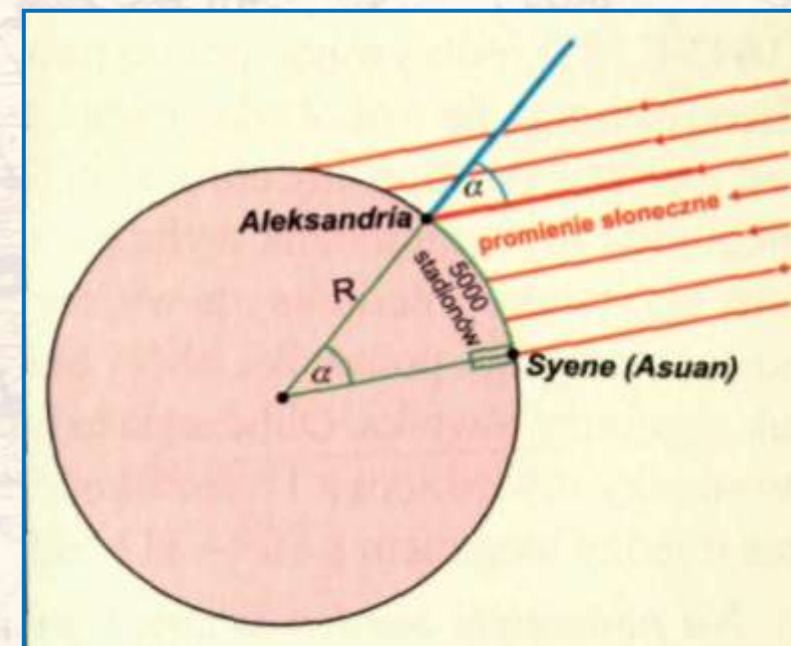
- **Arystarch z Samos** – był w III w p.n.e. prekursorem heliocentrycznej teorii budowy Układu Słonecznego (kulista Ziemia obraca się wokół Słońca).



Pochodząca z X wieku kopia pracy Arystarcha z Samos z obliczeniami wzajemnego położenia Słońca, Księżyca i Ziemi

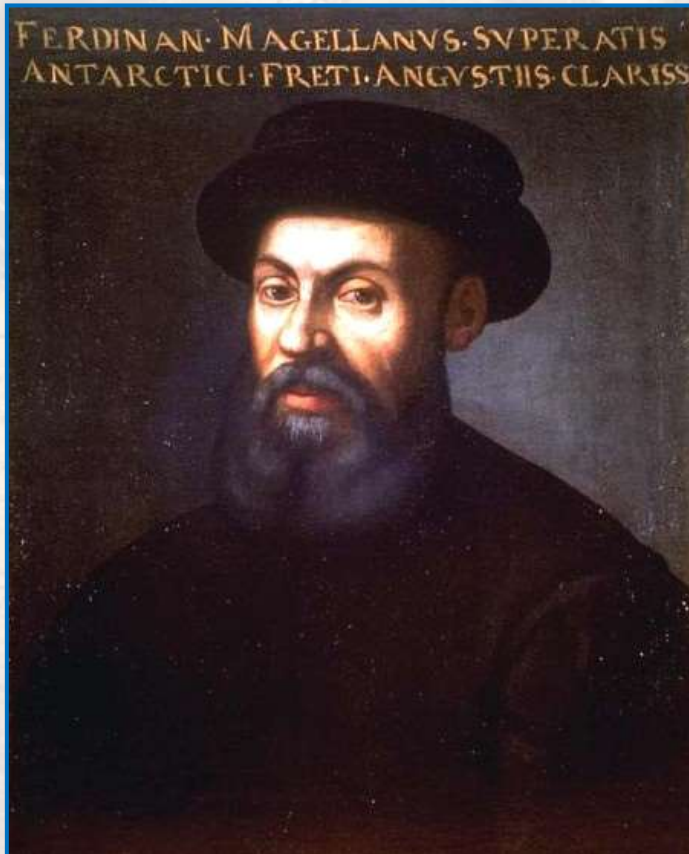
Doświadczenie Eratostenesa

- **Eratostenes z Cyreny** dokonał pierwszego pomiaru Ziemi wg schematu:
 - zmierzył odległość między Syenne (obecnie Asuan w Egipcie) i Aleksandrią,
 - wynik podał na podstawie obliczeń: liczby dni jakiej potrzebowały karawany na pokonanie dystansu (znając średnie tempo karawanu ustalił odległość),
 - uzyskał wynik: około 5000 stadionów (1 stadion = 178,35 m),
 - **stadion** – w starożytnej Grecji miara długości równa 160-193 m (zwykle 192 m) oraz dystans biegowy, od 165 m (stadion pytyjski) do 210 m (stadion joński);
 - wykorzystał obserwację oświetlenia Ziemi mierząc wysokość górowania Słońca:
 - w Syenne: $h=90^\circ$ (Słońce 22 VI oświetlało całe dno głębokiej studni),
 - w Aleksandrii: $h = 90^\circ - 7,2^\circ = 82,8^\circ$ (Słońce 22 VI było odchylone od zenitu o $1/50$ kąta pełnego, czyli o kąt $7,2^\circ$);
 - z proporcji obliczył obwód Ziemi:
 $(7,2^\circ) / (360^\circ) = (5000 \text{ stadionów}) / (\text{obwód Ziemi}),$
 - czyli 252 000 stadionów,
 - czyli obecne 39 800 km;
 - następnie wartość obwodu wstawił do wzoru $2\pi R$ i otrzymał długość promienia,
 - posługując się dzisiejszymi miarami, wartość ta wynosiła ok. 6300 km.



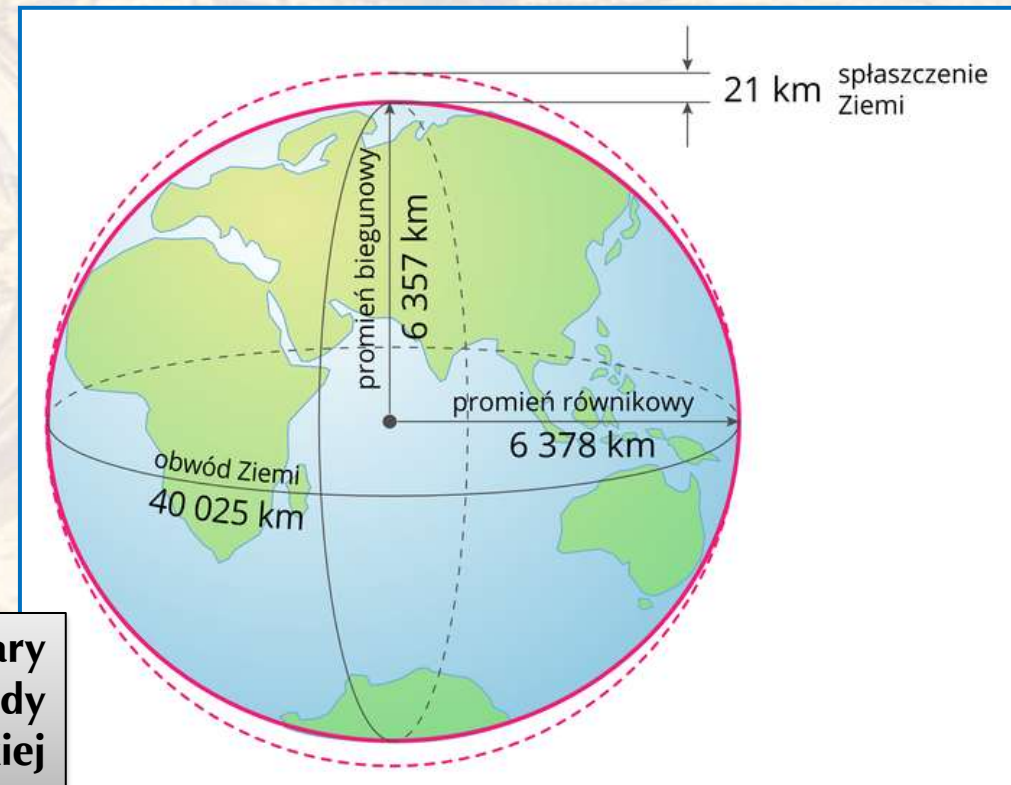
Wyprawa Magellana

- Kulisty kształt Ziemi jako pierwszy udowodnił w sposób bezpośredni **Juan Sebastian del Cano** (lub Elcano), kapitan wyprawy, która odbyła się w latach 1519-1522 i opłynęła wokół naszej Ziemi.
- Początkowo dowodził nią **Ferdynand Magellan** – niestety został on zabity przez tubylców na wyspach dzisiejszych Filipin.



Kształt Ziemi

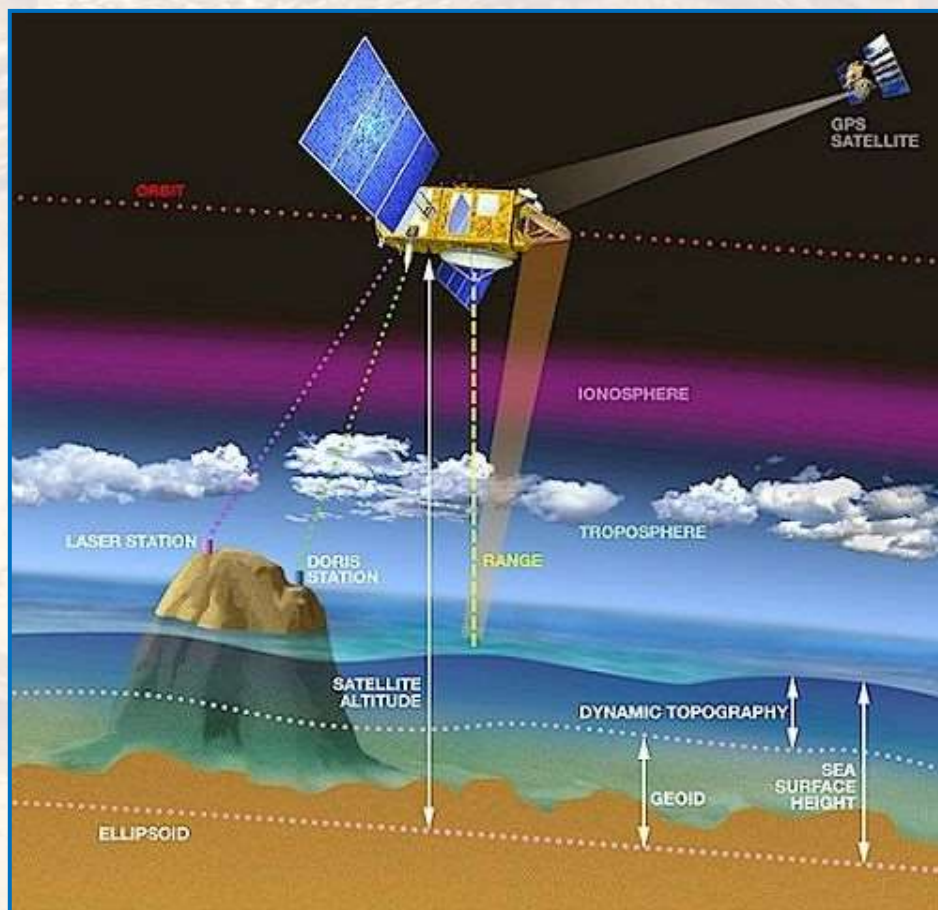
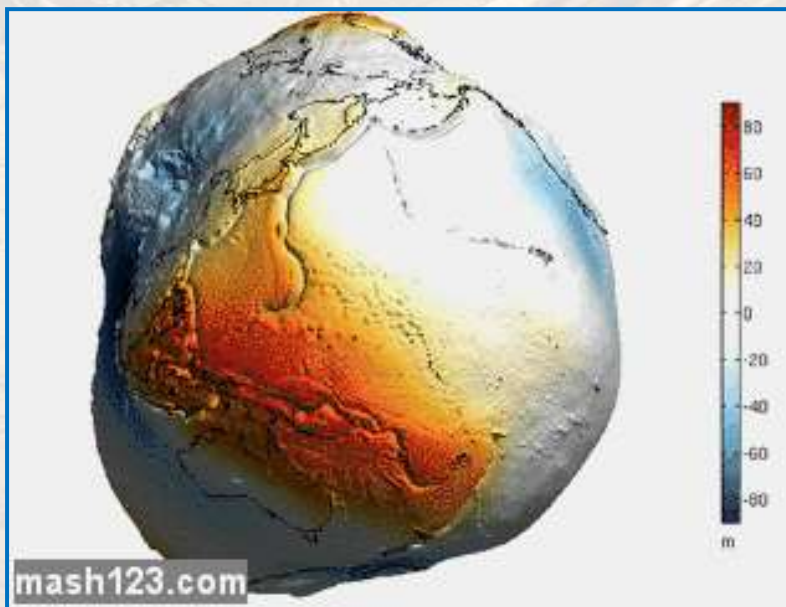
- Dzisiaj dobrze wiemy, że Ziemia nie ma kształtu kuli.
- Fizyk **Izaak Newton** (1643-1727), odkrywając prawo powszechnego ciążenia, stwierdził, że skoro Ziemia obraca się wokół własnej osi, to musi być spłaszczona,
 - zatem jej kształt jest zbliżony do **ELIPSOIDY OBROTOWEJ**.
- Znając siłę ciężkości tego samego ciała na biegunie i równiku można wyliczyć spłaszczenie kuli ziemskiej.
- Na podstawie bardzo licznych pomiarów przyjmujemy następujące **rozmiary elipsoidy ziemskiej**:
 - **spłaszczenie** (różnica między promieniem równikowym a biegunowym) ok. **21 km**:
 - promień równikowy – 6 378 km,
 - promień biegunowy – 6 357 km;
 - obwód równika – 40 076 km;
 - obwód wzdłuż przeciwległych południków – 40 008 km:
 - długość łuku południka – 20 004 km,
 - jednostopniowy łuk równika – 111,3 km,
 - przeciętny jednostopniowy łuk południka – 111,1 km;
 - pole powierzchni elipsoidy – 510 083 059 km²;
 - objętość elipsoidy – 1 083 320 000 000 km³.



Wymiary
elipsoidy
ziemskiej

Współczesne możliwości pomiarów Ziemi

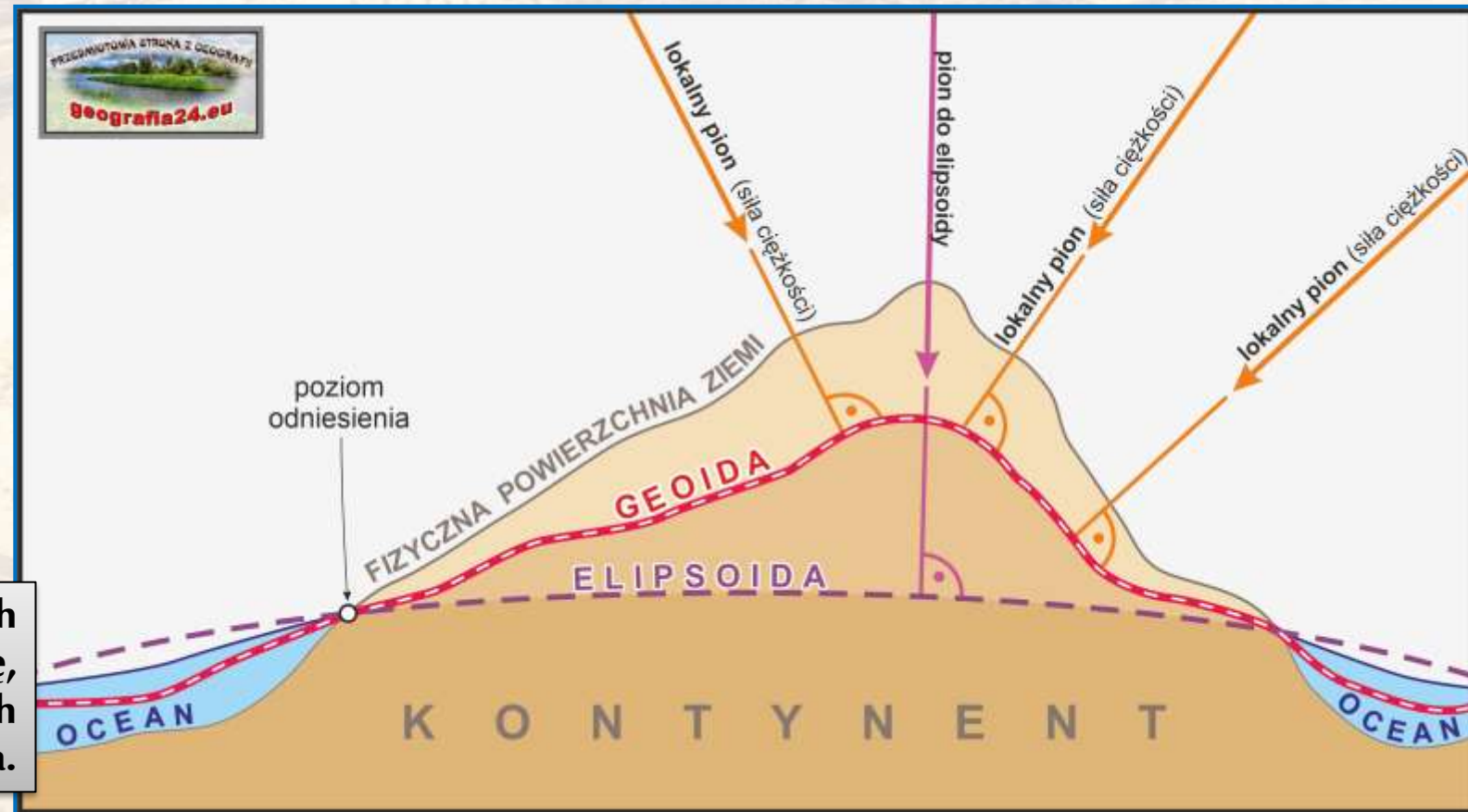
- Najdoskonalszą możliwość określenia dokładnych parametrów (w tym i kształtu) naszej planety uzyskaliśmy dopiero pod koniec lat 50. XX wieku.
 - W 1957 roku nastąpiło wystrzelenie w przestrzeń kosmiczną pierwszego sztucznego satelity.
 - Od tego czasu niewątpliwie nastąpił jeszcze spory postęp – umożliwiający określenie kształtu Ziemi mianem tzw. **geoidy**.



Geoida

- Pomiar dokonywany w terenie z bardzo dużą dokładnością odbiegają nieco od przedstawionych wcześniej, w związku z czym należy sądzić, że Ziemia nie ma kształtu elipsoidy obrotowej.
 - Główna przyczyna tkwi w nierównomiernym rozkładzie gęstości materii budującej naszą planetę.
 - Obserwacje i badania prowadzone w kosmosie wykazały, że Ziemia jest nieregularną bryłą, której nie określają żadne matematyczne wzory.
 - Na określenie jej kształtu używamy terminu **GEOIDA** lub **GEOID**, co oznacza:

- bryłę, która w każdym miejscu swej powierzchni jest pozioma, a więc prostopadła do kierunku działania siły ciężkości, a na morzach znajduje się zwykle na średnim poziomie mórz.

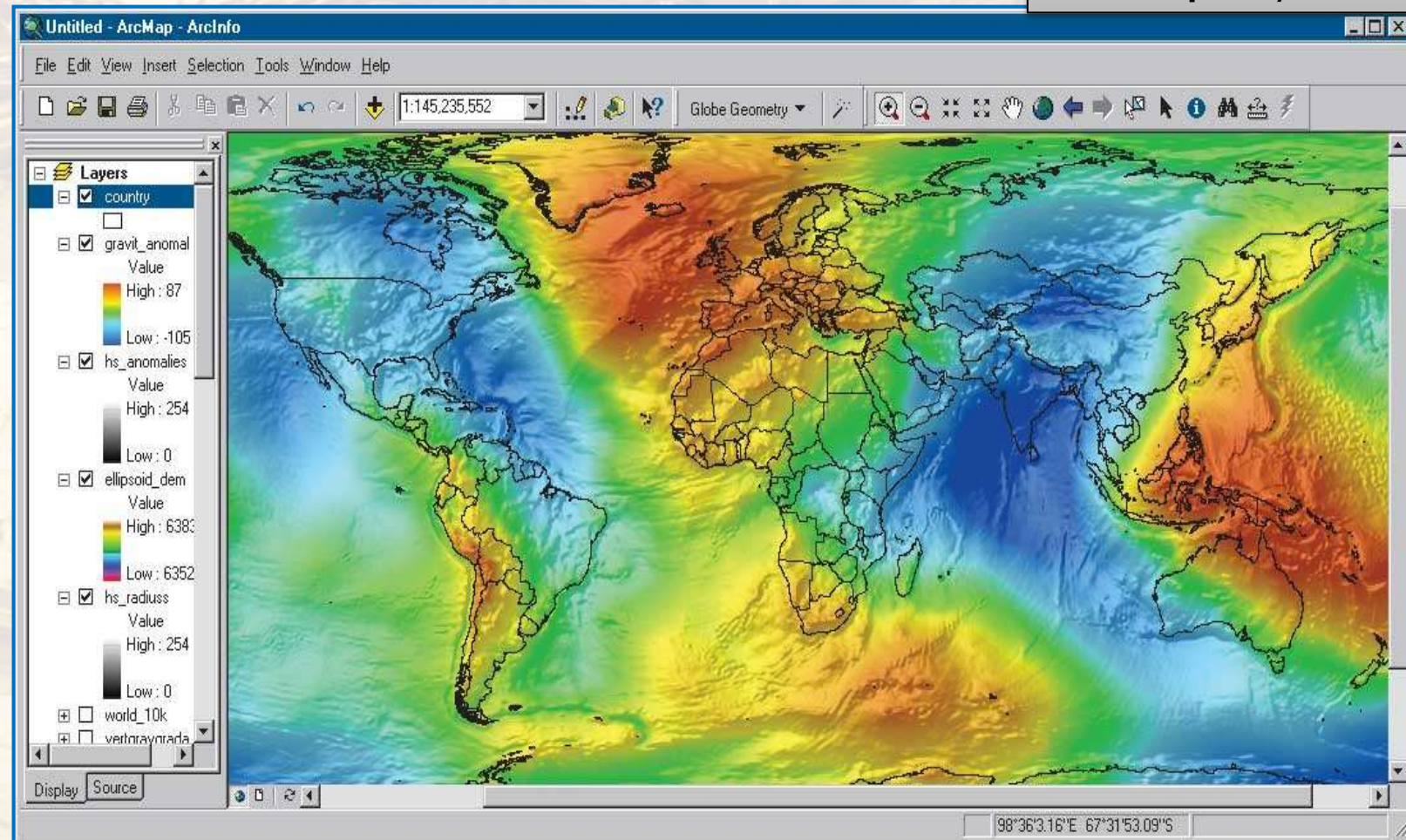
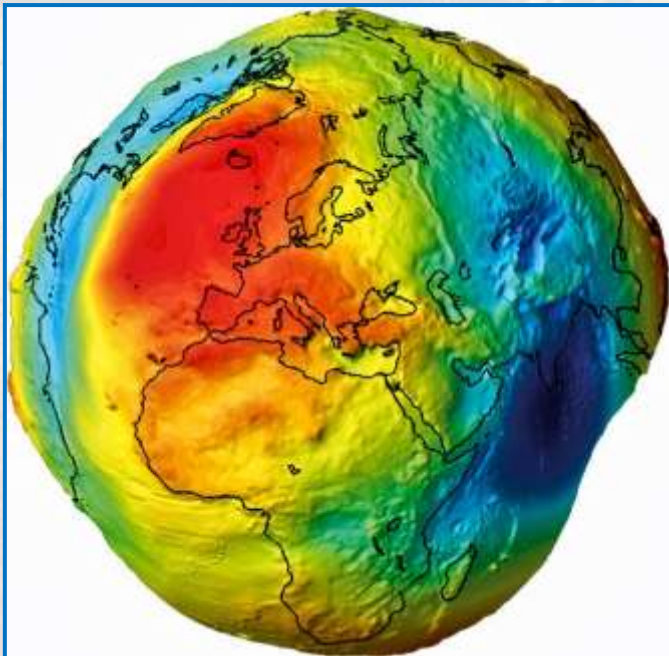


Geoida na obszarach lądowych wznosi się ponad elipsoidę, na obszarach oceanicznych zaś jest obniżona.

Geoida

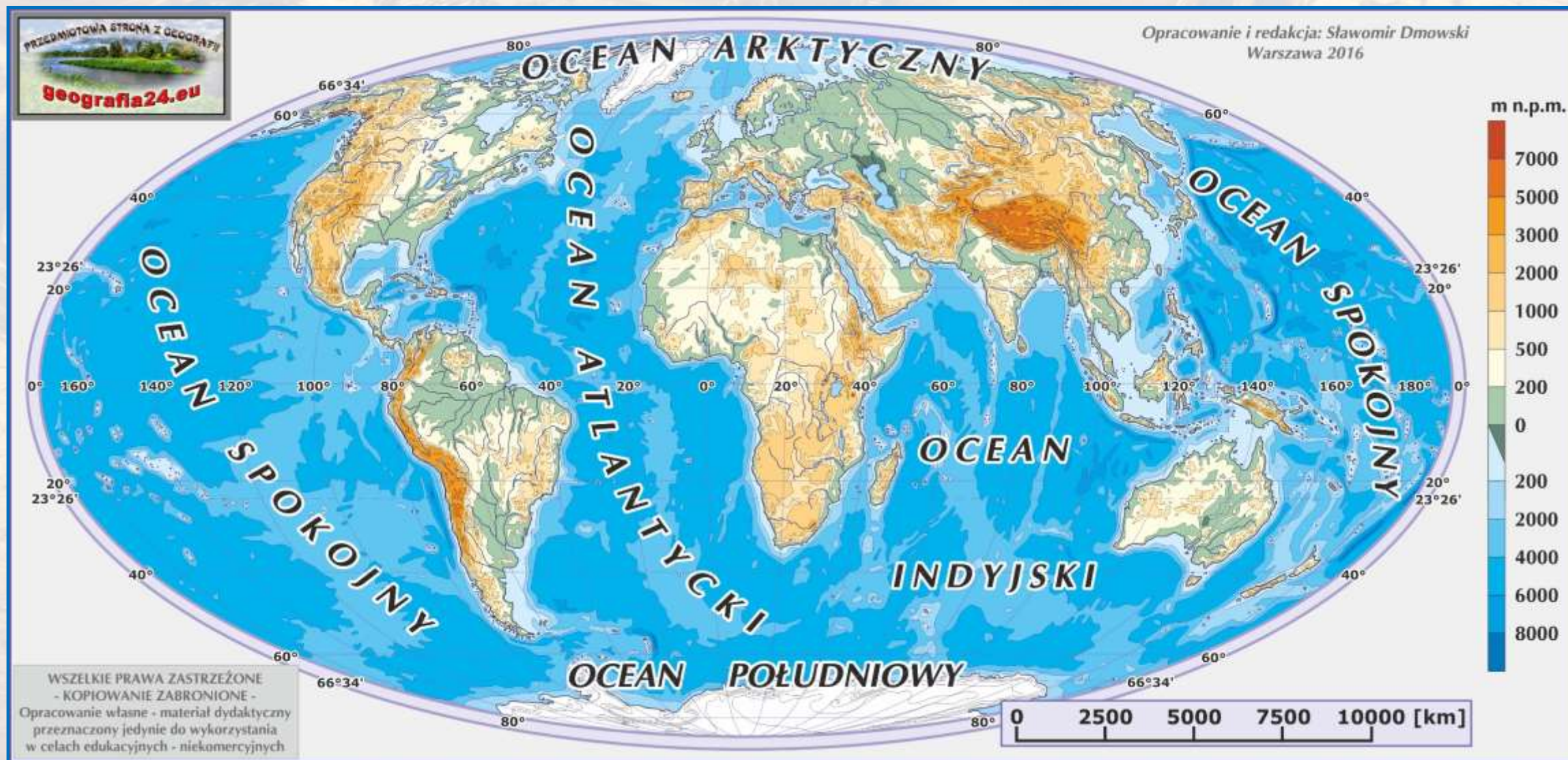
- Geoida jest zbliżona do elipsoidy obrotowej, odbiega jednak od niej miejscami o wysokość od +127 do -160 m (wg innych danych +87 i -105 m):
 - na Oceanie Indyjskim i w środkowej Azji jest poniżej powierzchni elipsoidy,
 - na Atlantyku wraz ze wschodnią częścią Europy i Afryki wznosi się powyżej,
 - Morze Karaibskie i Ameryka Północna znajdują się poniżej.
- Podstawą wyznaczenia geoidy były pomiary grawimetryczne i satelitarne.

Odchylenie
Powierzchni
geoidy względem
elipsoidy (w m)



Sporządzanie map

- Dla celów kartograficznych (czyli w celu opracowywania map) Ziemię jednak nadal traktuje się jako **elipsoidę obrotową**, ponieważ można ją opisać **prostymi formułami matematycznymi**.



Kierunki geograficzne

● Powierzchnia sferyczna Ziemi nie ma początku ani końca, dlatego kierunki na niej są całkowicie umowne:

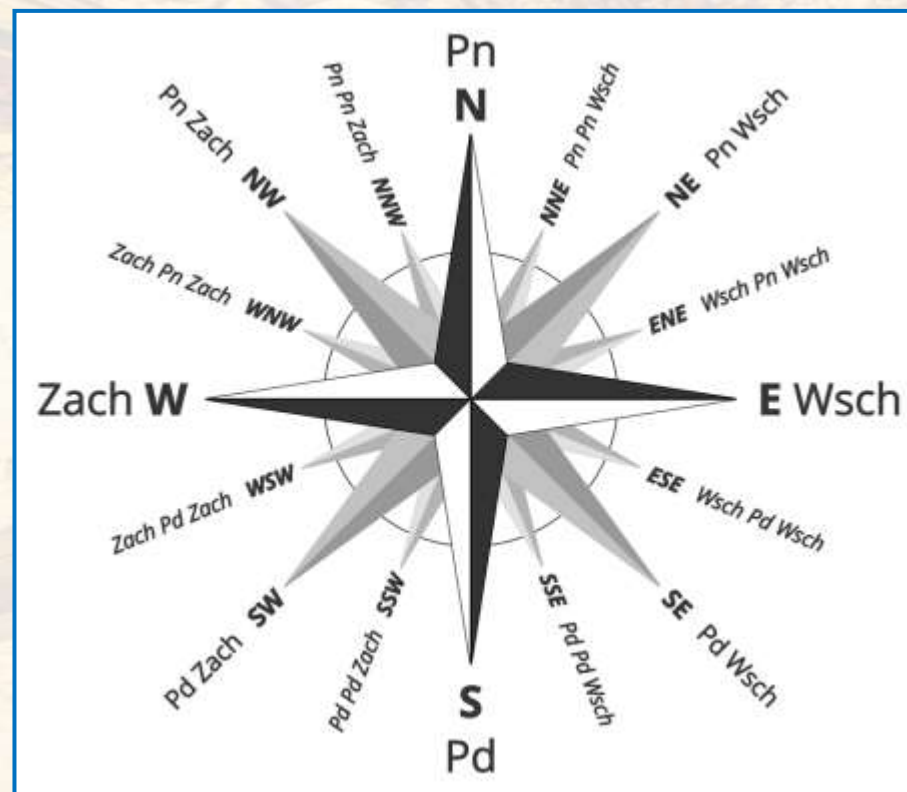
- kierunki północ i południe wyznaczone są przez **południki**,
- kierunki wschód i zachód określane są przez **równoleżniki**.
- Południki i równoleżniki są w każdym punkcie Ziemi (z wyjątkiem biegunów) prostopadłe do siebie.
- Kierunki wyznaczone przez linie siatki zwane są **kierunkami geograficznymi**:

● **kardynalnymi (głównymi lub zasadniczymi)**, kiedy dzielą koło na 4 części i są to:

- **PÓŁNOC** (N – ang. north),
- **POŁUDNIE** (S – ang. south),
- **WSCHÓD** (E – ang. east),
- **ZACHÓD** (W – ang. west);

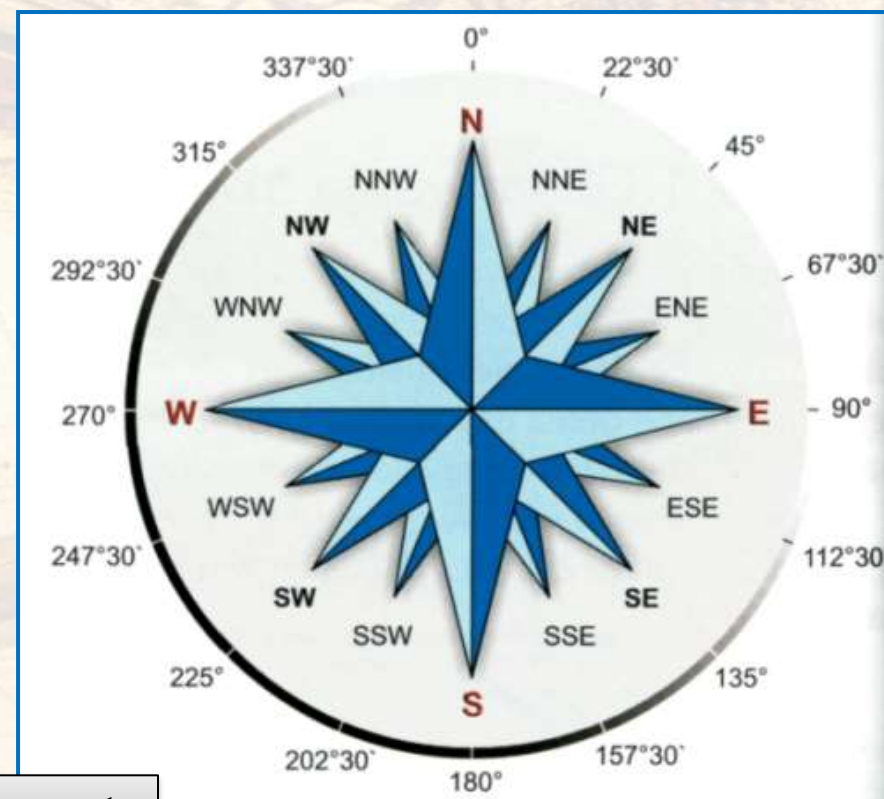
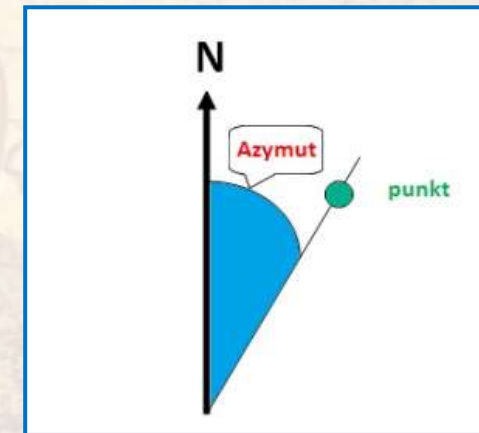
● **kierunkami interkardynalnymi (pośrednimi)** – powstają z wyznaczenia dwusiecznych czterech ćwiartek koła:

- NE,
- SE,
- SW,
- NW.



Azymut i róża wiatrów

- **Azymut** to kąt mierzony, zgodnie z ruchem wskazówek zegara, między kierunkiem północnym a kierunkiem na dany punkt (dla którego chcemy wyznaczyć azymut).
 - Kierunek wyznaczany za pomocą azymutu wyznacza jedna liczba, dlatego jest to najprostszy system.
- **Róża wiatrów** – jest obrazem horyzontu z podziałem na kierunki.
 - Obecna róża wiatrów jest okręgiem z podziałem na 360°.
 - Stopnie liczy się na prawo od N.



Kierunki główne i pośrednie oraz ich azymuty

Wyznaczanie azymutu – zadanie

- Z punktu widokowego obok szczytu góry Żar (F4) zmierzono azymut w kierunku szczytu góry Cisowa Grapa (H5).
- Zaznacz wartość azymutu zmierzonego z tego punktu widokowego w kierunku szczytu Cisowej Grapy.
 - A. 60°
 - B. 100°
 - C. 160°
 - D. 230°



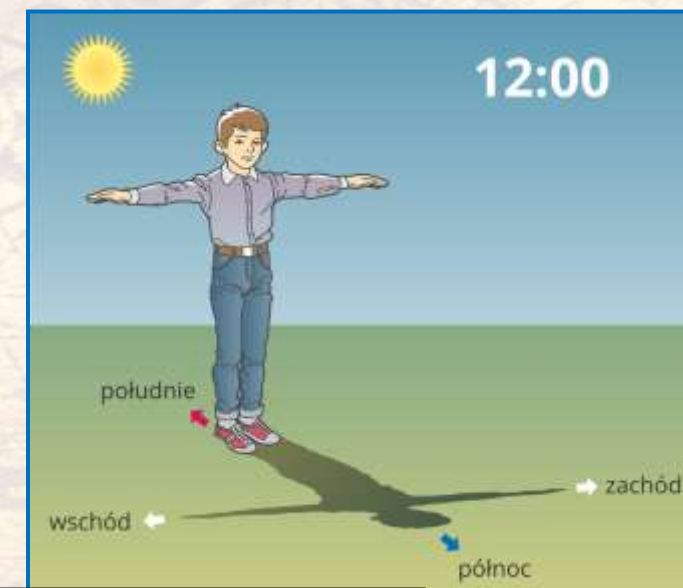
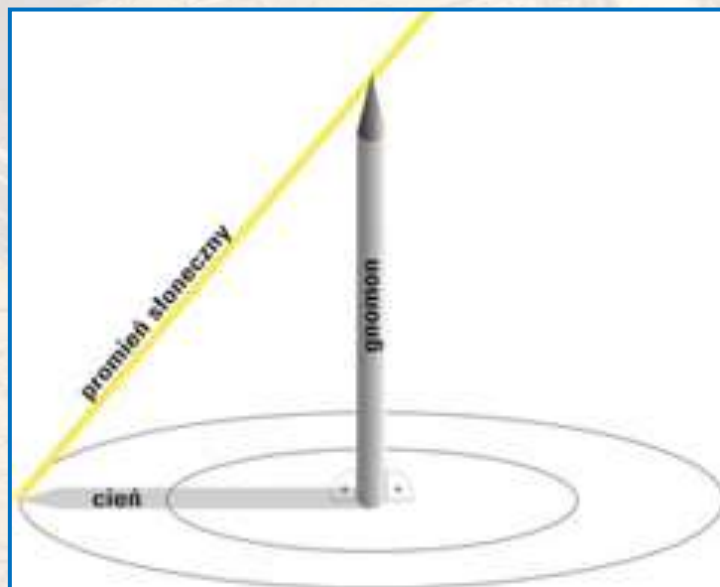
Wyznaczanie azymutu – rozwiązanie zadania

- Z punktu widokowego obok szczytu góry Żar (F4) zmierzono azymut w kierunku szczytu góry Cisowa Grapa (H5).
- Zaznacz wartość azymutu zmierzonego z tego punktu widokowego w kierunku szczytu Cisowej Grapy.
 - A. 60°
 - **B. 100°**
 - C. 160°
 - D. 230°



Wyznaczanie kierunków na Ziemi – Gnomon

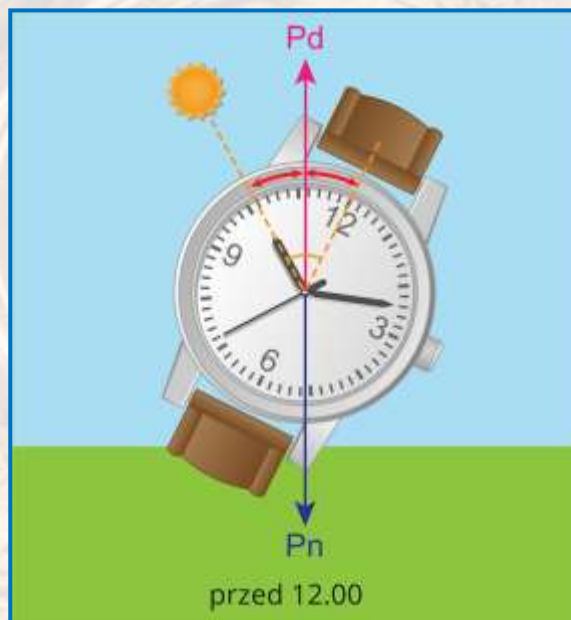
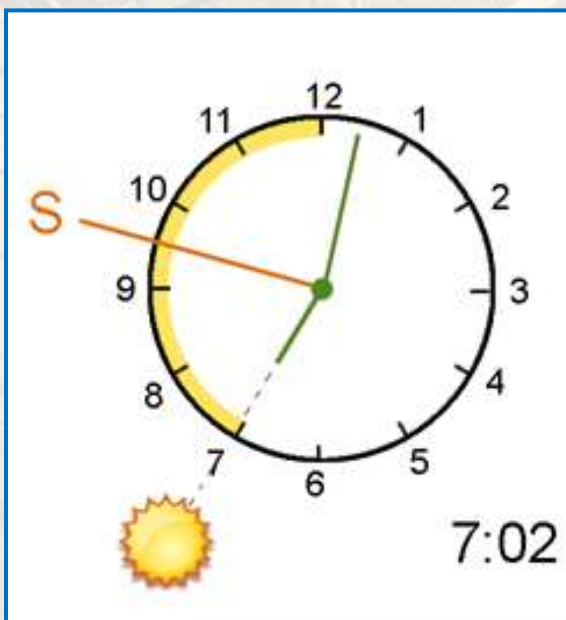
- Najłatwiejszym i zarazem najstarszym sposobem wyznaczenia kierunku północnego w terenie jest gnomon.
- **Gnomonem** – jest “kijek” wbity w grunt prostopadle do powierzchni Ziemi.
 - Rzucany przez kijek cień w czasie górowania (czyli kiedy cień będzie najkrótszy) na półkuli północnej oznacza dokładnie kierunek północny.



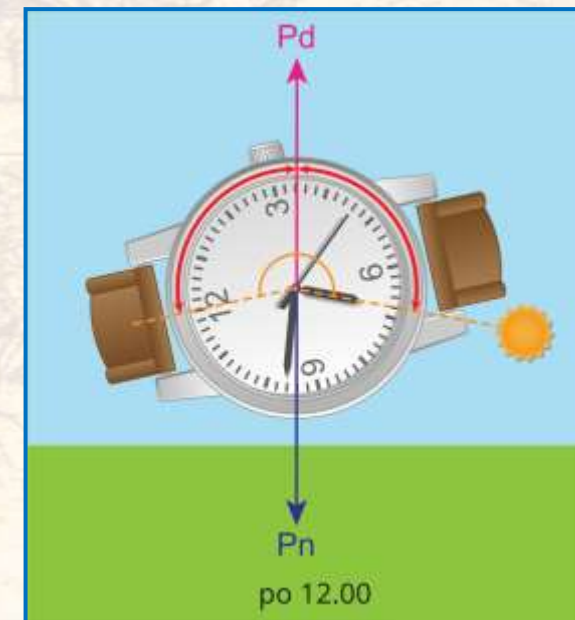
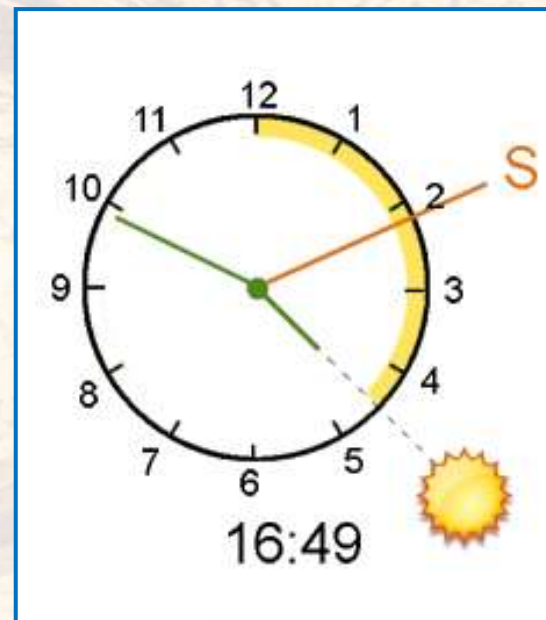
Rolę gnomona może pełnić również i człowiek

Wyznaczanie kierunków na Ziemi – według Słońca

- W celu wyznaczenia kierunków świata według Słońca:
 - małą (godzinową) wskazówkę zegarka kierujemy na Słońce:
 - przed południem** (bierzemy pod uwagę kąt między małą wskazówką a lewą stroną godziny 12.00):
 - przedłużenie dwusiecznej kąta zawartego między tą wskazówką a godziną dwunastą wskazuje kierunek północny;
 - po południu** (bierzemy pod uwagę kąt między małą wskazówką a prawą stroną godziny 12.00):
 - dwusieczne kąta między godz. 12.00 a wskazówką godzinową (w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara) wskazuje południe geograficzne, a dwusieczna przedłużona - kierunek północny.



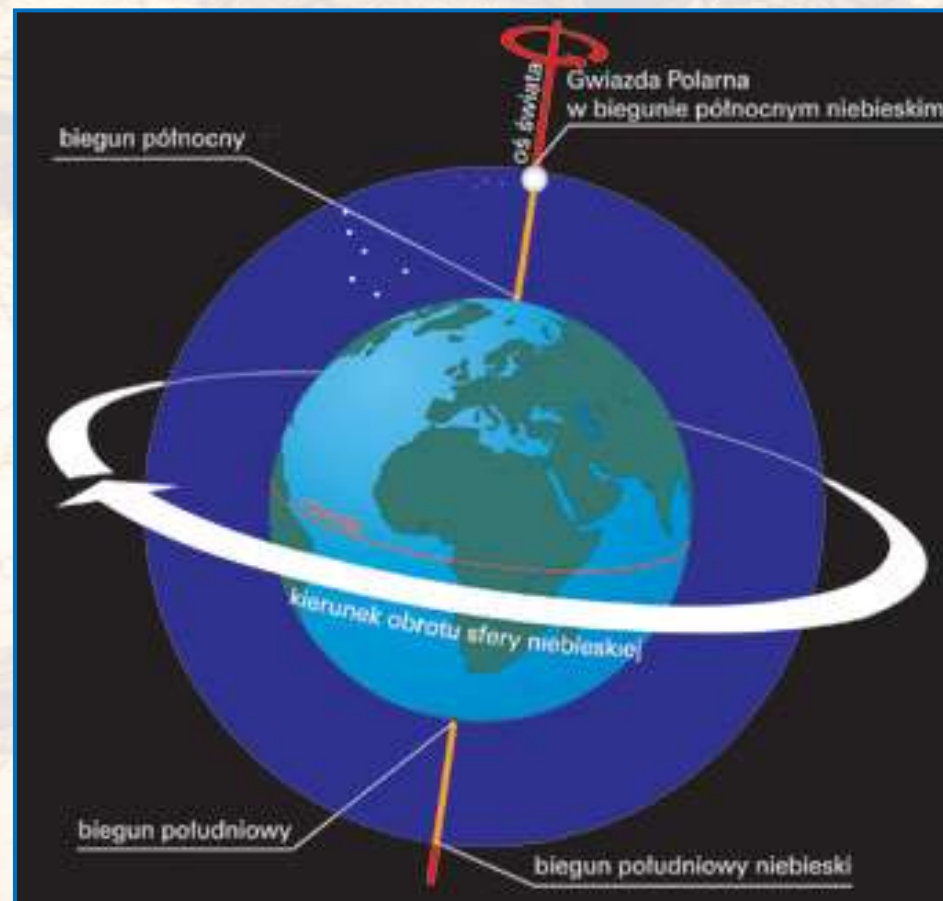
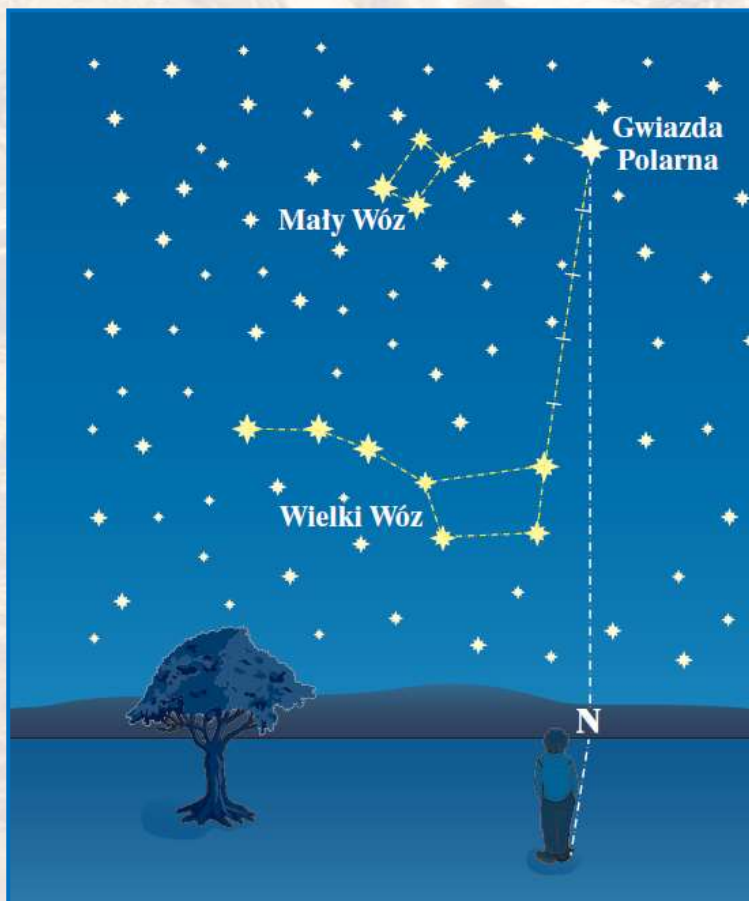
Wyznaczanie kierunku południowego (i pozostałych) **przed południem**



Wyznaczanie kierunku południowego (i pozostałych) **po południu**

Wyznaczanie kierunków na Ziemi – Gwiazda Polarna

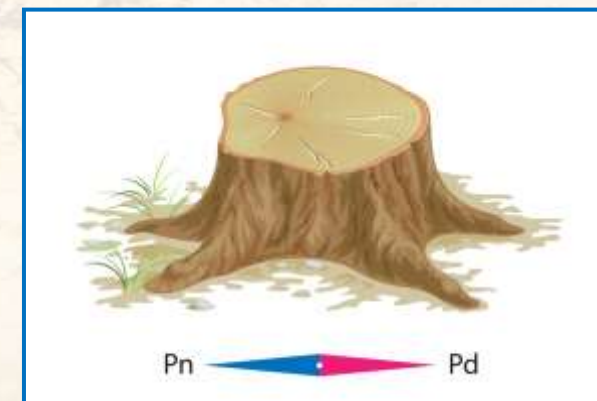
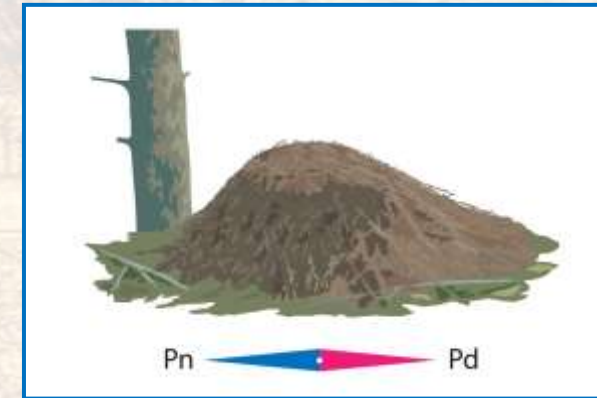
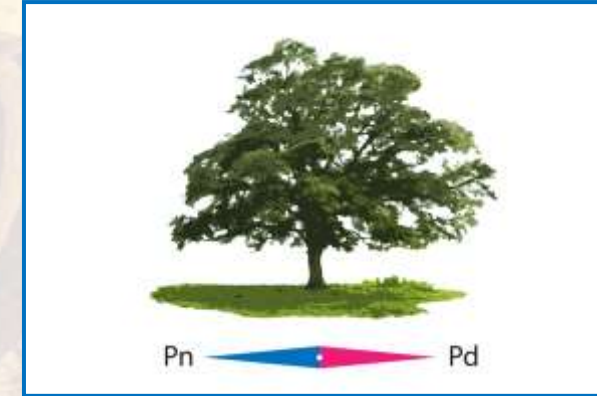
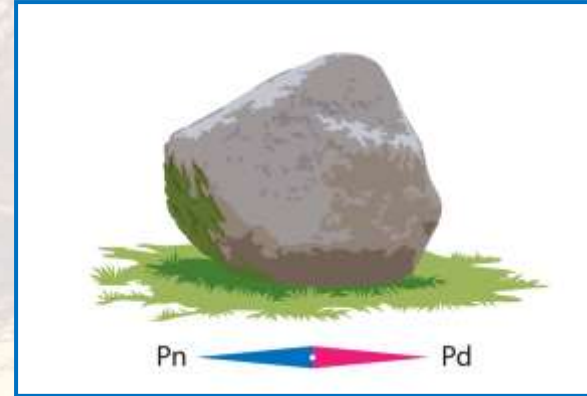
- Za pomocą Gwiazdy Polarnej możemy łatwo wyznaczyć kierunek północy.
- Jedyne warunki są takie abyśmy mogli zobaczyć konieczne do tego gwiazdy, wchodzące w skład Wielkiego i Małego Wozu – a to jest możliwe przy stosunkowo niewielkim zachmurzeniu (lub najlepiej braku) i tylko w nocy.
- Kierunek północny określimy lokalizując Gwiazdę Polarną (**północ będzie dokładnie pod samą Gwiazdą Polarną**) – najjaśniejszą gwiazdą na naszym niebie, znajdującą się na końcu tzw. dyszla Małego Wozu.



Wyznaczanie kierunków na Ziemi – rośliny w terenie

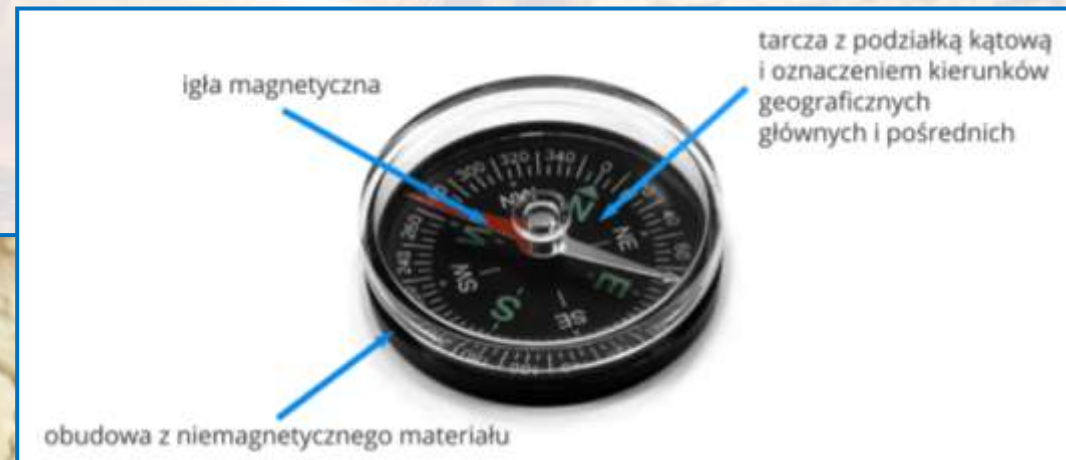
W przybliżony sposób możemy określić kierunek północny obserwując:

- **skały lub pnie drzew** – na których możemy zaobserwować znaczne nagromadzenie niektórych ceniolubnych roślin, tj. mchy i porosty po stronie północnej (jest ich od strony północnej najwięcej);
- **korony drzew stojących samotnie** – są bardziej rozrośnięte w kierunku światła – na naszej półkuli w kierunku południowym;
- **mrowiska** – w lasach powstają zwykle po południowej części drzew (kopce mrowisk są bardziej strome od strony północnej);
- **słoje drzew** – są większe od strony południowej (widać to na pniach ściętych drzew);
- **jagody** – szybciej dojrzewają od strony południowej;
- **śnieg** – w zimie szybciej topi się od strony południowej (powstające i zwisające sopele z dachów domów są też dłuższe).



Wyznaczanie kierunków na Ziemi – kompas i GPS

- Najprecyzyjniej jednak możemy wyznaczyć kierunki świata (w tym i kierunek północny) z wykorzystaniem **kompasu** oraz **GPS-u**.
- **Kompas** do ustalenia naszego położenia wykorzystuje zjawisko ustawiania się magnesu wzdłuż linii sił ziemskiego pola magnetycznego.



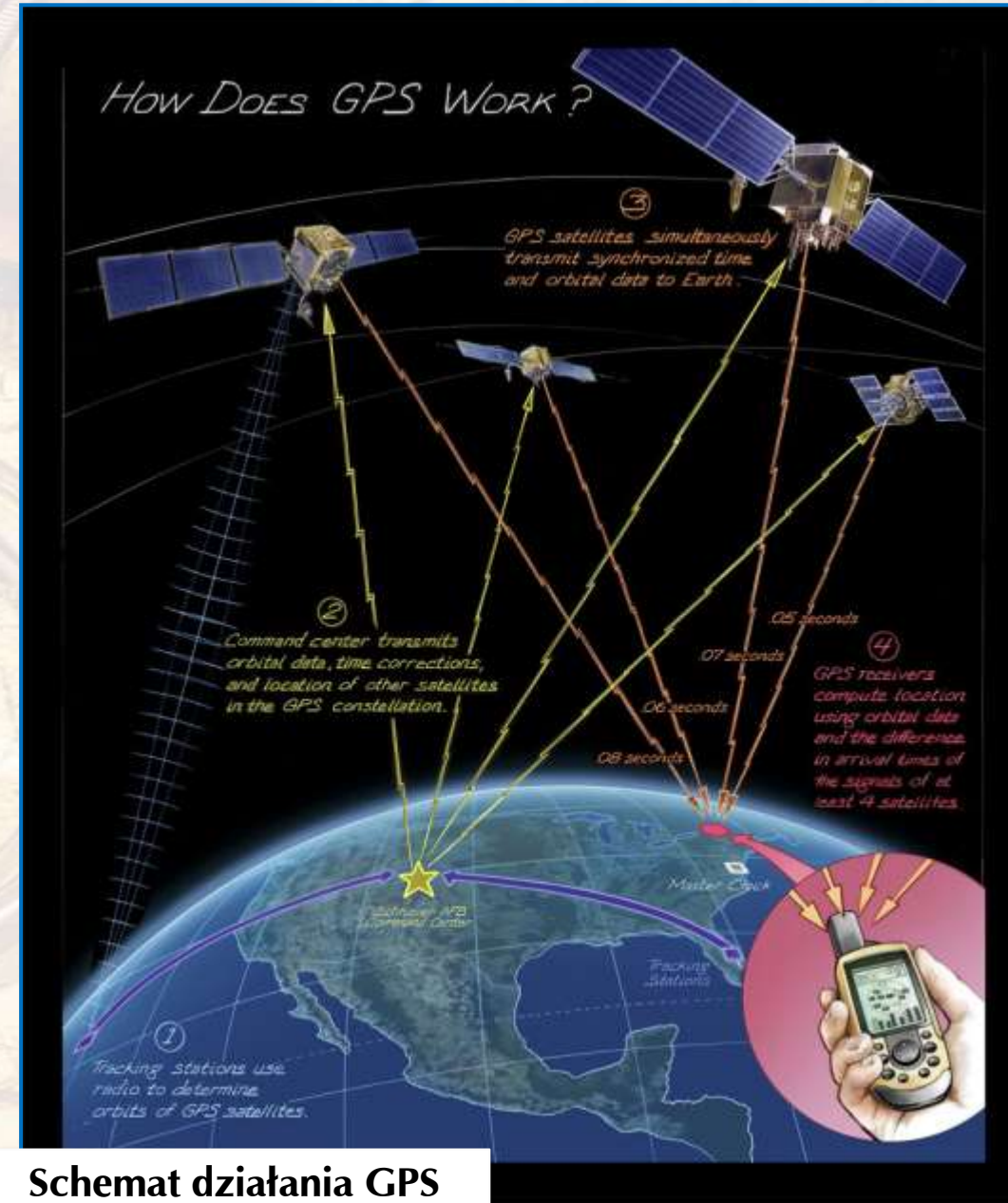
GPS

- Urządzenia zainstalowane na pokładach sztucznych satelitów już nie tylko fotografują Ziemię – emitują one specjalny sygnał radiowy z zakodowanym numerem i pozycją satelity (pozycja satelity jest stała) oraz dokładną godziną (kiedy został wysłany sygnał).
- Są w stanie szybko i precyzyjnie określić współrzędne i wysokości punktów na dowolnie wybranym obszarze jej powierzchni, w tym także w skali całych kontynentów i na oceanach (**GPS**).



Odbiornik GPS, np. w Kairze odbiera sygnały od co najmniej trzech najbliższych satelitów (których pozycje i odległości są znane) i na podstawie czasów dojścia tych sygnałów oblicza swoje położenie albo prędkość ruchu.

Dla uzyskania większej dokładności pomiarów, może połączyć się z czwartym satelitą (im więcej satelitów jest w stanie zlokalizować odbiornik GPS, tym uzyskamy dokładniejsze obliczenia położenia).



Schemat działania GPS

Wyznaczanie położenia geograficznego

- W celu określenia pozycji na Ziemi ustala się współrzędne geograficzne:

- **długość geograficzna (λ) (lambda)** to kąt dwuścienny – zawarty pomiędzy półpłaszczyzną południka 0° (południka przechodzącego przez Greenwich), a półpłaszczyzną południka przechodzącego przez dany punkt na powierzchni naszej planety,

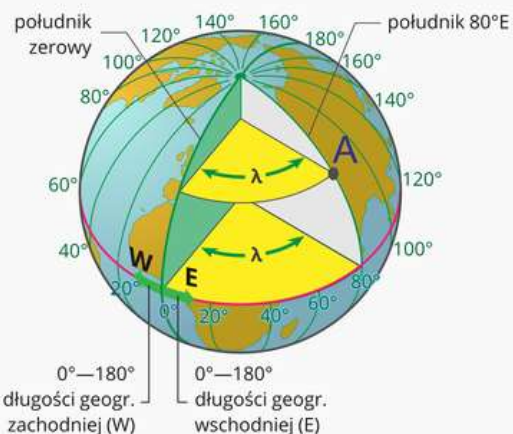
- punkty leżące na wschód od południka 0° do 180° mają długość geograficzną wschodnią (E) – czyli położone są na półkuli wschodniej,

- punkty położone na zachód od południka 0° do 180° mają długość geograficzną zachodnią (W) – czyli znajdują się na półkuli zachodniej;

- **szerokość geograficzna (ϕ) (fi)** to kąt pomiędzy półprostą poprowadzoną ze środka kuli ziemskiej i przechodzącą przez dany punkt na jej powierzchni a płaszczyzną równika,

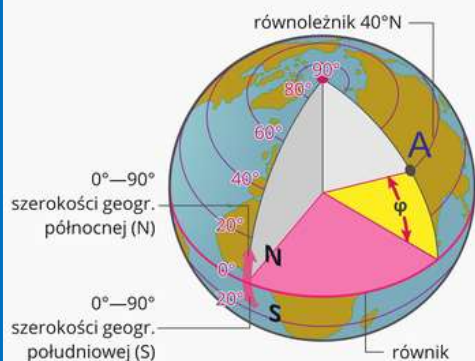
- wartości szerokości geograficznych zawierają się w zakresie od 0° do 90° (szerokości geograficznej N lub S).

DŁUGOŚĆ GEOGRAFICZNA (λ)



Długość geograficzna punktu A: $\lambda = 80^\circ\text{E}$
(80 stopni długości geograficznej wschodniej)

SZEROKOŚĆ GEOGRAFICZNA (ϕ)



Szerokość geograficzna punktu A: $\phi = 40^\circ\text{N}$
(40 stopni szerokości geograficznej północnej)

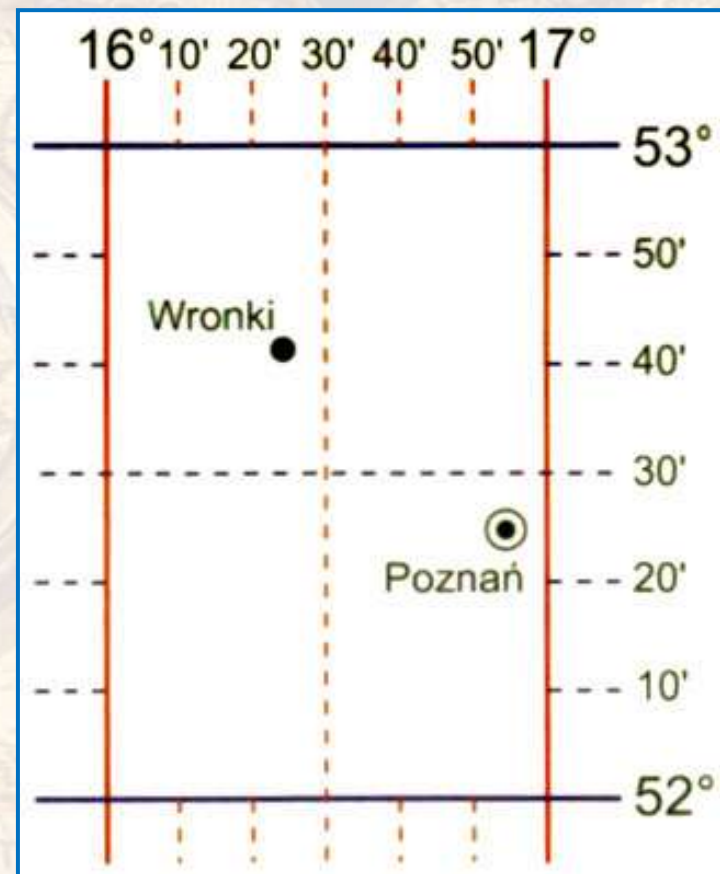
Południki i równoleżniki

- Na mapie występują “linie” określające **współrzędne geograficzne**:
 - **równoleżniki** – czyli linie określające **szerokość geograficzną**,
 - mają kształt okręgów,
 - są w stosunku do siebie równoległe,
 - jest ich nieskończenie wiele,
 - im bliżej biegunów, tym równoleżniki stają się krótsze (mają różne długości),
 - najdłuższym równoleżnikiem jest **równik**,
 - **bieguny** są to punkty, w których powierzchnię Ziemi przecina oś ziemską;
 - **południki** – czyli linie określające **długość geograficzną**,
 - są to pionowe linie biegnące z północy na południe (zbiegają się w biegunach),
 - mają kształt półokręgów i wszystkie są tej samej długości,
 - jest ich nieskończenie wiele,
 - **1° długości geograficznej** wynosi w zaokrągleniu **111,1 km**,
 - dlaczego?, ponieważ $40\ 000\text{ km (obwód Ziemi)} : 360^\circ = 111,1\text{ km}$,
 - **1' długości geograficznej** = $111,1\text{ km} : 60' = 1852\text{ m}$ (jest to tzw. **mila morska**),
 - **południk zerowy** – czyli południk przechodzący przez obserwatorium astronomiczne w Greenwich pod Londynem został wyznaczony na podstawie międzynarodowego porozumienia.
- Każdy stopień (°) długości lub szerokości geograficznej dzieli się na 60 minut (′),
 - każda minuta (′) dzieli się natomiast na 60 sekund (″).



Odczytywanie współrzędnych geograficznych

- W celu określenia współrzędnych geograficznych danego punktu należy:
 - sprawdzić co ile stopni (minut) poprowadzono południki i równoleżniki na mapie;
 - określić, w którym kierunku rosną wartości południków i równoleżników;
 - odczytać wartość poszukiwanego równoleżnika oraz południka (z jak największą dokładnością),
 - pamiętamy, że:
 - $1^{\circ} = 60'$ (czytamy: 1 stopień = 60 minut),
 - $1' = 60''$ (czytamy: 1 minuta = 60 sekund);
 - podać odpowiedź 😊, np. w przypadku rys.:
 - współrzędne geograficzne Poznania to: $52^{\circ}25'N$, $16^{\circ}55'E$;
 - współrzędne geograficzne Wronek to: $52^{\circ}42'N$, $16^{\circ}25'E$.



Rozciągłość południkowa i równoleżnikowa

- **Rozciągłość południkowa** – rozciągłość danego obszaru (np. kontynentu, kraju, powiatu) z północy na południe.
 - W celu jej obliczenia musimy określić skrajne punkty:
 - szerokość geograficzną punktu najdalej wysuniętego na północ,
 - szerokość geograficzną punktu najdalej wysuniętego na południe.
- **Rozciągłość równoleżnikowa** – rozciągłość danego obszaru (np. kontynentu, kraju, powiatu) ze wschodu na zachód.
 - W celu jej obliczenia odczytujemy długości geograficzne punktów najdalej wysuniętych na wschód i zachód.

Odczytujemy skrajne punkty Ameryki Południowej:

Przylądek Gallinas: $\varphi=12^{\circ}\text{N}$

Przylądek Horn: $\varphi=56^{\circ}\text{S}$

Przylądek Branco: $\lambda=35^{\circ}\text{W}$

Przylądek Parinas: $\lambda=81^{\circ}\text{W}$

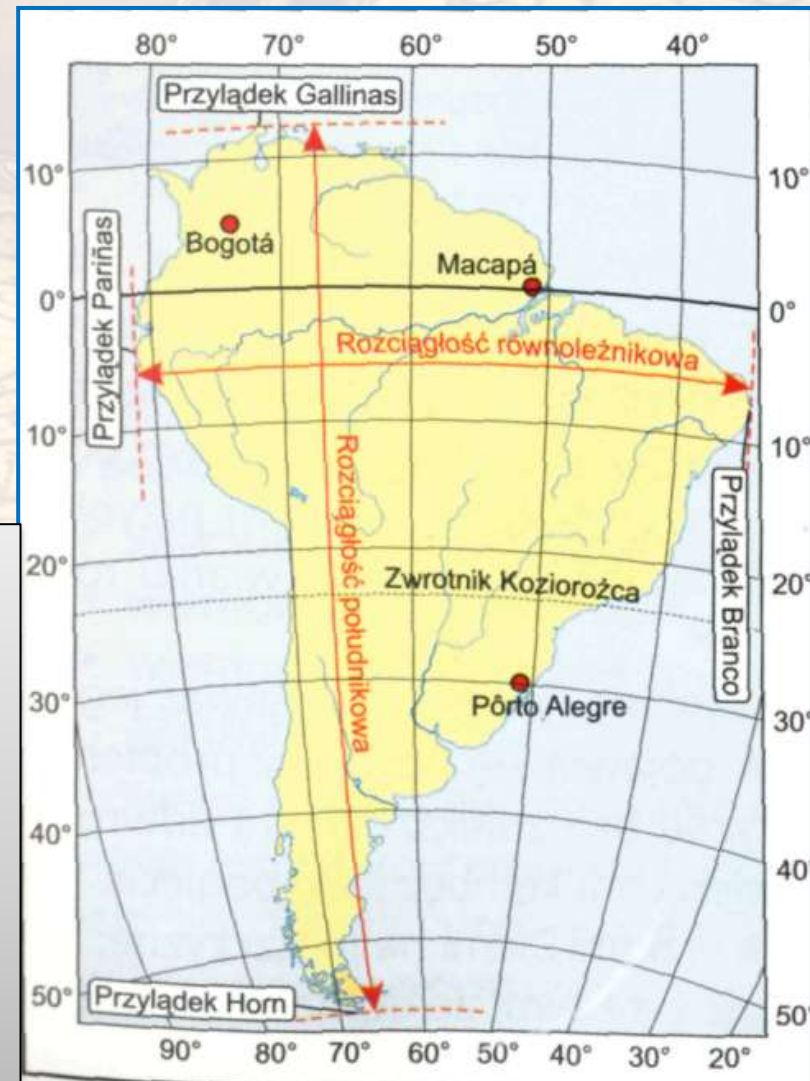
Obliczamy rozciągłość Ameryki Południowej:

Rozciągłość południkowa (wartości dodajemy, ponieważ skrajne punkty leżą na różnych półkulach):

$$56^{\circ}\text{S} + 12^{\circ}\text{N} = 68^{\circ}$$

Rozciągłość równoleżnikowa (wartości odejmujemy, ponieważ skrajne punkty leżą na tej samej półkuli):

$$81^{\circ}\text{W} - 35^{\circ}\text{W} = 46^{\circ}$$



KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

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

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -