



Pomiar odległości do Księżyca – paralaksa geocentryczna

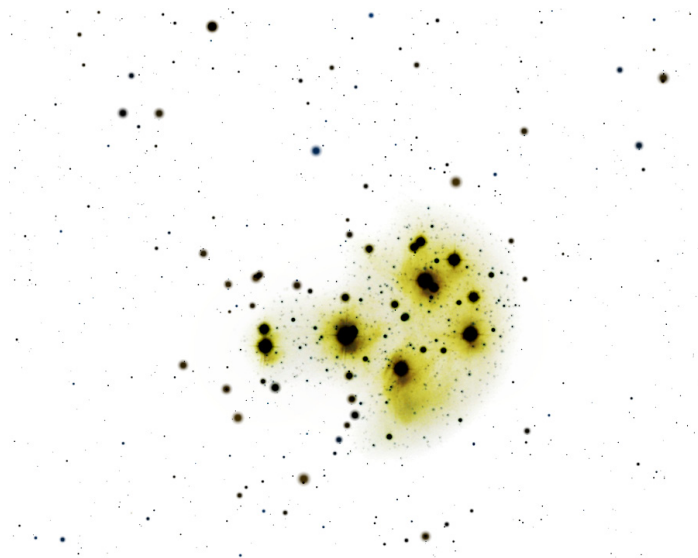
Cele

Paralaksa geocentryczna jest najprostszym przykładem możliwości pomiaru odległości do ciał niebieskich w sposób niebezpośredni. Dzięki temu zjawisku zapoznajemy się z Ziemią i z Księżycem jako realnymi, trójwymiarowymi obiektami kosmicznymi, czyli możemy spojrzeć na te ciała z zewnątrz. W życiu codziennym oglądamy Księżyc jako płaski obraz „wyświetlony” na sferze niebieskiej, rozpościerającej się ponad otaczającym obserwatora horyzontem. Aby uzyskać końcowy wynik (czyli odległość Ziemia–Księżyc), trzeba będzie zastosować wiadomości z geometrii w praktyce.

Przebieg ćwiczenia

Na wstępie zapoznaj się z filmem przedstawiającym zjawisko paralaksy geocentrycznej, a następnie wykonaj symulowane obserwacje Księżyca z różnych miejsc na Ziemi.

Za pomocą programu Stellarium można przeprowadzić symulowane obserwacje astronomiczne z różnych miejsc Ziemi i wyznaczyć odległość do Księżyca. Cofniemy się w czasie do 7 stycznia 2009 roku i godziny 19^h00^m00^s. Księżyc był wtedy widoczny na tle gromady gwiazd zwanej Plejady. Rysunek przedstawia negatywowy obraz tej mgławicy wygenerowany w programie Stellarium.



Zaznacz na rysunku położenie Księżyca na tle Plejad, które zaobserwujesz z dwóch odległych punktów na Ziemi, np. z punktu *A* leżącego w Zatoce Biskajskiej (współrzędne: szerokość geograficzna N 00°00', długość geograficzna E 00°00') oraz z punktu *B* znajdującego się na na Pacyfiku (szerokość geograficzna N 00°00', długość geograficzna E 90° 00'). Możesz również wydrukować obraz ekranu, jaki Stellarium zapisze na pulpicie komputera, gdy naciśniesz klawisze Ctrl + S.

Zmierz linijką oraz zanotuj następujące wielkości liczbowe:

Średnica tarczy Księżyca na rysunku wynosi _____ cm.

Oba położenia tarczy są przesunięte o _____ cm.

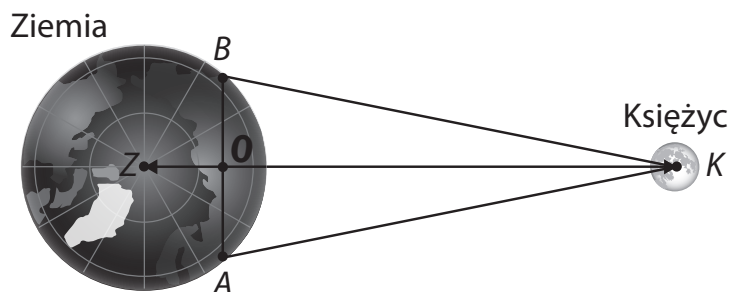
Przyjmując, że średnica kątowa tarczy Księżyca¹ wynosi 0,5°, oszacuj, o jaki kąt jest przesunięty Księżyc na obu rysunkach. Jest to tak zwany kąt paralaksy geocentrycznej.

Paralaksa geocentryczna Księżyca wynosi: _____ °.

¹ W programie Stellarium dokładna średnica kątowa Księżyca w czasie obserwacji jest podana w lewym górnym rogu.



Położenie punktów A i B oraz Księżyc przedstawia poniższy rysunek.



Wskazówka

Do obliczenia odległości $Z-K$ trzeba wyznaczyć odległość AB oraz kąt AKB . Dzięki doświadczeniu Eratostenesa oraz współczesnym pomiarom geodezyjnym znany jest promień Ziemi, co umożliwia obliczenie odległości AB . Bezpośredni pomiar kąta AKB wymaga natomiast przyłożenia kątomierza do wierzchołka kąta, czyli wysłania obserwatora na Księżyc! Zamiast tego zastosujemy regułę o kątach dla dwóch prostych równoległych przeciętych trzecią prostą.

Na rysunku zaznaczono linię widzenia dla obserwatora w punkcie A (linia AK).

- Narysuj linię równoległą do AK przechodzącą przez obserwatora w punkcie B .
- Zaznacz kąt pomiędzy narysowaną linią a linią BK . Ten kąt to paralaksa Księżyca, czyli różnica położenia Księżyca dla obserwatorów A i B , którą wyznaczyłeś na podstawie obserwacji.
- Zauważ, że kąt AZB odpowiada różnicy długości geograficznych obserwatorów.
- Przyjmując, że linie ZK oraz AB są do siebie prostopadłe, oblicz długość odcinka AB . Promień Ziemi (odcinki ZA i ZB) wynosi 6371 km.

Odcinek AB ma długość _____ km.

- Oblicz długość odcinka ZO (O to punkt przecięcia ZK i AB).

Kąt AZB ma miarę _____°.

Odcinek ZO ma długość _____ km.

- Korzystając z funkcji trygonometrycznych, można zauważyć, że stosunek długości BO do długości OK to tangens połowy kąta paralaksy ($\sphericalangle BKO$).
- Za pomocą tablic funkcji trygonometrycznych lub kalkulatora oblicz wartość $\text{tg}(\sphericalangle BKO)$.

$\text{tg}(\sphericalangle BKO) = \text{_____}$.

- Oblicz odległość Ziemia–Księżyc.

Długość odcinka OK wynosi _____ km.

Odległość Księżyc–Ziemia jest równa sumie długości odcinków ZO i OK i wynosi _____ km. Odległość ciał niebieskich mierzy się między ich środkami.

Pytania i zadania

1. Sprawdź, jaka jest różnica między uzyskanym wynikiem a prawdziwą odległością Ziemia–Księżyc.
2. Korzystając z otrzymanego wyniku, oblicz liniową średnicę Księżyca (w kilometrach), przyjmując, że średnica kątowa jego tarczy jest równa $0,5^\circ$. Ile razy średnica Ziemi jest większa od średnicy Księżyca?
3. Oblicz pole powierzchni oraz objętości Ziemi i Księżyca i porównaj je ze sobą.
4. Masa Księżyca stanowi $1/81$ masy Ziemi. Oblicz średnie gęstości Księżyca i Ziemi. Odpowiedz na pytanie: Czy Księżyc może być zbudowany z takich samych skał jak Ziemia?
5. Ustaw w sali szkolnej mały globus Ziemi (średnica 15–20 cm) i piłeczkę pingpongową tak, aby zachować proporcje rozmiarów i odległości tych ciał.