

Cristina Viñas Viñuales · Ederlinda Viñuales Gavín



C

Fazy Księżyca



WPROWADZENIE

Czy zdarzyło Ci się zauważyć, że niezależnie od tego, w którym miejscu na Ziemi się znajdujemy, wszyscy widzimy ten sam kształt Księżyca danego dnia? Czy kiedykolwiek zastanowiło Cię to, że jasna strona Księżyca zmienia się stopniowo i cyklicznie?

Lekcja „Fazy Księżyca” ma pomóc uczniom zrozumieć, w jaki sposób względne położenie Słońca, Ziemi i Księżyca wpływa na każdą fazę Księżyca, jak przewidzieć fazę Księżyca dla danego dnia oraz obliczyć, jaki procent jasnej strony Księżyca będzie widoczny na niebie.

Lekcja „Fazy Księżyca” jest zalecana dla uczniów w wieku od 14 do 16 lat, którzy mają podstawową wiedzę z zakresu trygonometrii i astronomii.

Informacje z zakresu astronomii

Kiedy mówimy o fazach Księżyca, mamy na myśli jego jasną stronę, widoczną dla obserwatora z Ziemi. Wygląd Księżyca zmienia się cyklicznie, w miarę jak Księżyc orbituje Ziemię, zgodnie z względnym położeniem Ziemi, Księżyca i Słońca w stosunku do siebie. Słońce zawsze oświetla połowę powierzchni Księżyca, ale w zależności od dnia obserwatorowi znajdującemu się na Ziemi ukazuje się inna jej część: podczas pełni widzi on całą tarczę Księżyca, a w czasie nowiu Księżyc nie jest dla niego widoczny, ponieważ cała jego tarcza jest zaciemniona.

Już dawno temu stwierdzono, że kształt Księżyca zależy od jego „wieku”, tzn. od liczby dni, które upłynęły od poprzedniego nowiu. Na Rys. ① koło wewnętrzne pokazuje orbitę Księżyca, przy założeniu, że jest ona kołowa, a Ziemia znajduje się w środku. Kierunek Słońca jest pokazany przez promień światła słonecznego, a ponieważ odległość do Słońca jest około 400 razy większa od odległości do Księżyca, można przyjąć, że kierunek Słońca widziany z Księżyca jest zawsze równoległy do jego kierunku geometrycznego. Słońce oświetla powierzchnię Księżyca, przy czym strona dzienna i nocna Księżyca w różnych punktach orbity wyglądają tak, jak przedstawiono na rysunku ①.

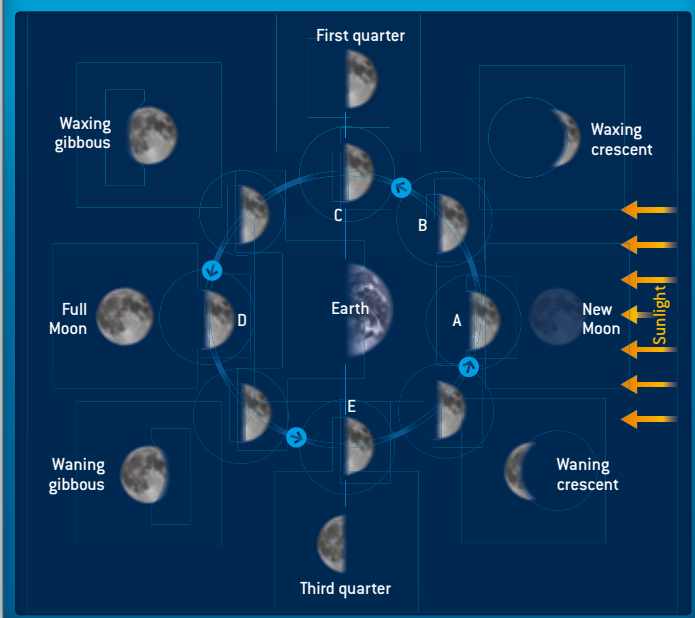
Okrąg zewnętrzny pokazuje wygląd Księżyca widzianego z Ziemi, innymi słowy: fazy Księżyca. W punkcie A widzimy now Księżyca, w punkcie B widzimy przybywający sierp (przybywanie oznacza powiększanie się i dotyczy wielkości oświetlonej części Księżyca, która jest coraz większa). Pierwsza kwadra ma miejsce w punkcie C. Pomiędzy punktami C i E widoczna jest ponad połowa oświetlonej powierzchni Księżyca, nazywana „garbem”. W punkcie D ma miejsce pełnia, natomiast w punkcie E – trzecia kwadra. Pomiędzy punktem E i A można obserwować ubywający Księżyc (co oznacza, że codziennie widzimy coraz mniejszą część powierzchni Księżyca, aż do momentu, gdy Księżyc jest całkowicie niewidoczny, czyli jest w nowiu).

Teraz możemy zdefiniować okres synodyczny, lunację lub miesiąc Księżycowy. Chociaż orbita Księżyca zmienia się, okres ten określa średnią wartość, zdefiniowaną jako przedział czasowy od jednego do drugiego nowiu. Wartość ta (S_c) wynosi 29,53059 dni.

Okres lub miesiąc syderyczny Księżyca oznacza przedział czasowy, w którym Księżyc wykonuje jedno pełne okrążenie wokół Ziemi. W odniesieniu do tła gwiazdowego jest to droga z punktu A do punktu B na rysunku ②. I tutaj można wyznaczyć wartość średnią, która w tym przypadku wynosi 27,32166 dni.

Różnica pomiędzy okresem synodycznym a okresem syderycznym polega na tym, że Księżyc musi pokonać większą odległość na orbicie, aby dogonić Słońce, które – z geometrycznego punktu widzenia – krąży również wokół Ziemi (kiedy Ziemia przechodzi z punktu E do punktu F na rys. ②, Księżyc musi osiągnąć punkt C, a nie punkt B, aby now Księżyca był widoczny w punkcie A). Należy powiązać ze sobą trzy wielkości: okres syderyczny rotacji Księżyca wokół Ziemi, Ziemi wokół Słońca oraz okres synodyczny Księżyca.

① Jasna i ciemna strona Księżyca

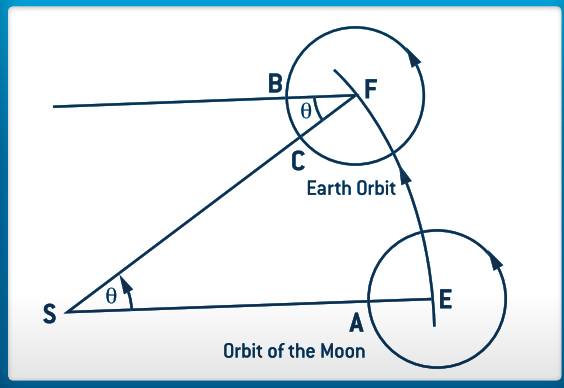


MATERIAŁY

Część pierwsza: Do wprowadzania danych i prezentacji rezultatów: komputer z systemem operacyjnym Mac OS X, wersja 10.4.11. Aplikacje: Word i Adobe Illustrator CS do rysunków.

W celu opracowania aplikacji można wykorzystać program Eclipse IDE (zob. Aneks) z Java 1.6 i biblioteką Java3D. Aplikacja jest dostępna na stronie www.science-

2 Względne położenie Słońca, Księżycy i Ziemi z geometrycznego punktu widzenia



on-stage.de, na której można pobrać zarówno aplikację, jak i program źródłowy.

ZAKRES PROGRAMOWY

W tym punkcie objaśniono działania niezbędne w celu obliczenia fazy Księżycy w danym dniu na półkuli północnej. Następnie uczniowie mogą ręcznie obliczyć fazy lub, jeżeli wyrażą taką chęć, wykorzystać uzyskane wartości do zaprogramowania aplikacji, takiej jak aplikacja w wersji Java, która została przygotowana z myślą o wykorzystaniu technologii informacyjno-komunikacyjnych w klasie.

Dane

Jedyne dane potrzebne do obliczenia fazy Księżycy to data, dla której uczniowie chcą wyznaczyć fazę Księżycy. Data powinna obejmować dzień, miesiąc i rok.

Analiza

1. W pierwszej kolejności uczniowie muszą wybrać datę (dzień, miesiąc, rok). Wybraną datę należy przekształcić na datę według kalendarza juliańskiego (kalendarz juliański [KJ] to system pomiaru czasu stosowany w astronomii). Przedstawia przedział czasu (w dniach), jaki upły-

nął od stycznia 1900 r., godz. 12.00, ponieważ wtedy w dniu 31 grudnia 1899 r. w Greenwich wybiła północ]. Godzina zostaje przyjęta jako 12.00 w ciągu dnia. Aby wybraną datę (dzień, miesiąc, rok) przeliczyć na datę według kalendarza juliańskiego, należy rozwiązać następujące proste równania:

$$a = \frac{(14 - \text{month})}{12}$$

$$y = \text{year} + 4800 - a$$

$$m = \text{month} + 12 * a - 3$$

Stąd następująca data:

$$JD[\text{day}, \text{month}, \text{year}] = \text{day} + \frac{(153 \cdot m + 2)}{5} + 365 \cdot y + \frac{y}{4} - \frac{y}{100} + \frac{y}{400} - 32045$$

stanowi datę według kalendarza juliańskiego.

2. Konieczna jest również data wzorcowa, kiedy miał miejsce poprzedni nów Księżycy, np. 1 stycznia 1900 r. Ta data również musi zostać przekształcona na datę według kalendarza juliańskiego. Należy pamiętać, że jeżeli data KJ [1,1,1900]_{Wzorzec} stanowi datę wzorcową, nie można obliczyć wcześniejszych faz Księżycy.

3. W następnej kolejności należy obliczyć różnicę pomiędzy wybraną datą i datą wzorcową.

$$JD[x]_{\text{Current}} - JD[x]_{\text{Reference}} = D$$

W ten sposób można stwierdzić, ile dni upłynęło od znanego nowiu Księżycy.

4. Jak wskazano powyżej, Sc oznacza przedział czasowy od jednego do kolejnego nowiu Księżycy. W ten sposób reszta z dzielenia liczb całkowitych D/Sc oznacza liczbę dni od ostatniego nowiu Księżycy. Jeżeli powyższa reszta zostanie oznaczona literą A, A oznacza wiek Księżycy. Stąd wiek Księżycy = A = D moduł Sc.

5. Ponieważ Sc wynosi 29,53059, reszta z dzielenia wynosi zero i mamy do czynienia z nowiem Księżycy. W ten sposób reszta może stanowić wartości w zakresie od 1 do 29, przy czym wartość 29 jest równoważna zero, albo oznacza nów Księżycy.

Teraz można łatwo przypisać numer każdej wartości pozostałych faz Księżycy. Numery należy przypisywać w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu wskazówek zegara (zob. Rys. 1). Stąd wartość 0 oznacza nów Księżycy, wartość 7,38 oznacza pierwszą kwadrę, wartość 14,76 oznacza pełnię Księżycy, natomiast wartość 22,15 ozna-

cza trzecią kwadrę.

6. Aby dodatkowo do fazy Księżyca w wybranym dniu obliczyć procent oświetlonej części, należy skorzystać z podanego poniżej równania:

$$\text{Percentage} = \frac{1}{2} \left(1 - \cos\left(\frac{360}{S_c}\right) * A \right)$$

Jeżeli $P = 0$, Księżyc jest w nowiu, a jeżeli $P = 1$, to mamy pełnię Księżyca. Ale co oznacza $P = 1/2$? Pierwszą czy trzecią kwadrę?

Tutaj należy uwzględnić kilka dodatkowych aspektów. Załóżmy, że A oznacza wiek Księżyca wykorzystany w poprzednim równaniu, a $\eta = 360 * [A/S_c]$. Wartość η oznacza wydłużenie Księżyca. Zob. Rys. 2B. Kiedy Słońce, Ziemia oraz Księżyc znajdują się w jednej linii, $\eta = 180^\circ$, jest pełnia Księżyca oraz 29/2 dni upłynęło od ostatniego nowiu Księżyca, na podstawie Rys. 2B można założyć, że:

Jeżeli $0 < A \leq 29/2 \rightarrow 0 < \eta \leq \pi$, mamy do czynienia z dwoma przypadkami:

- dla $0 < \eta < \pi/2$ Księżyc stanowi przybývający sierp, cień znajduje się po lewej stronie, a część oświetlona jest mniejsza od połowy tarczy Księżyca 3;
- dla $\pi/2 < \eta < \pi$ Księżyc stanowi przybývający garb, cień znajduje się po lewej stronie, a część oświetlona jest większa od połowy tarczy Księżyca 4.

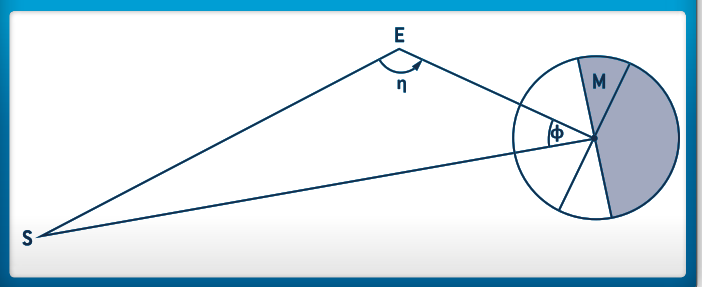
Jeżeli $A = 29/2 \rightarrow \eta = \pi \rightarrow$, Księżyc jest w pełni.

Jeżeli $A \geq 29/2 \rightarrow \pi < \eta \leq 2\pi$, mamy do czynienia z dwoma przypadkami:

- dla $\pi < \eta < 3\pi/2$ Księżyc stanowi ubývający garb, cień znajduje się po prawej stronie, a część oświetlona jest większa od połowy tarczy Księżyca 5;
- dla $3\pi/2 < \eta < 2\pi$ Księżyc stanowi ubývający sierp, cień znajduje się po prawej stronie, a część oświetlona jest mniejsza od połowy tarczy Księżyca 6.

Teraz można określić, że jeżeli $P = 1/2$, to Księżyc znajduje

2B Wydłużenie Księżyca



się w pierwszej lub trzeciej kwadrze. Podobnie można wywnioskować, że np. jeżeli wartość procentowa 0,8 odpowiada prawej lub lewej stronie tarczy Księżyca, wtedy Księżyc stanowi odpowiednio przybývający lub ubývający sierp.

Rezultaty

Po zakończeniu analizy uczniowie potrafią określić, która faza odpowiada wybranej dacie oraz jaki procent powierzchni Księżyca jest oświetlony danego dnia. Na potrzeby lekcji została opracowana aplikacja w języku Java. Uczniowie i nauczyciele mogą wykorzystać przygotowaną aplikację w celu lepszego zrozumienia wpływu wzajemnego położenia Słońca, Ziemi i Księżyca podczas poszczególnych faz Księżyca lub zweryfikować uzyskane wyniki.

W powyższej aplikacji występują trzy sekcje: panel informacyjny z bieżącą fazą Księżyca po lewej stronie, animacja przedstawiająca Słońce, Ziemię i Księżyc po prawej stronie oraz pola tekstowe do wprowadzania danych u dołu ekranu.

W panelu z animacją znajdują się dwa przyciski, Play i Stop, umożliwiające odtwarzanie animacji. Za pomocą tych przycisków można kontrolować położenie Księżyca, Ziemi i Słońca. W zależności od położenia panel informacyjny po lewej stronie pokazuje bieżącą fazę Księżyca.

W celu obliczenia fazy dla wybranego dnia wystarczy

3 Przybývający sierp

$0 < A < 29/2$ $0 < \eta < \pi/2$

4 Przybývający garb

$0 < A < 29/2$ $\pi/2 < \eta < \pi$

5 Ubývający garb

$A > 29/2$ $\pi < \eta < 3\pi/2$

6 Ubývający sierp

$A > 29/2$ $3\pi/2 < \eta < 2\pi$

wprowadzić dzień, miesiąc i rok w dolnym polu tekstowym i nacisnąć przycisk Calculate. Panel informacyjny i animacyjny zostaną odpowiednio zaktualizowane stosownie do obliczonej fazy Księżyca.

Aby ręcznie obliczyć fazę Księżyca, należy postępować według wcześniej opisanych kroków i zweryfikować uzyskane wyniki za pomocą aplikacji.

Jak już wskazano wcześniej, program umożliwia obliczenie fazy Księżyca dla dowolnego dnia na półkuli północnej. Uczniów można zachęcić do zbadania, w jaki sposób mieszkańcy półkuli południowej widzą Księżyc danego dnia. Czy widzą Księżyc w tej samej fazie co mieszkańcy półkuli północnej? W jaki sposób różni się obserwowana faza Księżyca (z wyjątkiem nowiu i pełni Księżyca) pomiędzy obiema półkulami? Jak wytłumaczyć taką różnicę? Na koniec można zachęcić uczniów do opracowania programu umożliwiającego wizualizację faz Księżyca na półkuli południowej.

WNIOSKI

Lekcja przedstawia instrukcję obliczania fazy Księżyca dla wybranej daty.

Zalecamy nauczycielom, aby zachęcali swoich uczniów do poznania podstawowych koncepcji z zakresu astronomii oraz wykonania opisanych prostych kroków umożliwiających obliczenie i wyjaśnienie faz Księżyca.

Zarówno nauczyciele, jak i uczniowie mogą również wykorzystać aplikację w języku Java do lepszego zrozumienia tego zjawiska, sprawdzenia uzyskanych wyników lub po prostu porównania faz dla poszczególnych dni. Kod źródłowy w języku Java może stanowić również dobry punkt wyjściowy do opracowania podobnych symulacji.

BIBLIOGRAFIA

- ▮ Abad, A.; Docobo, J.A. & Elipe, A. *Curso de Astronomía. Colección textos docentes*. Prensas Universitarias de Zaragoza. 2002.
- ▮ Duffett-Smith, Peter. *Astronomy with your personal computer*. Cambridge University Press. 1986.
- ▮ Viñuales Gavín, E & Ros Ferré, R.M. *Movimientos Astronómicos. Un enfoque con cuatro modelos*. Mira Editores. Zaragoza [Spain]. 2003.
- ▮ *Java 3D Api development*: java.sun.com/developer/onlineTraining/java3d/index.html.

