

Ederlinda Viñuales Gavín · Cristina Viñas Viñuales

B

# Jak długi jest dzień



## WPROWADZENIE

W ramach lekcji „Jak długi jest dzień” uczniowie mają za zadanie:

- ▮ obliczyć godzinę wschodu i zachodu słońca w wybranym dniu,
- ▮ zmierzyć długość danego dnia, oraz
- ▮ przedstawić na wykresie wysokość Słońca nad horyzontem w ciągu całego dnia.

Dobrym pomysłem jest także zachęcenie uczniów do zachowania danych uzyskanych dla jednego dnia, powtórzenia obliczenia dla innego dnia i porównania wyników.

Lekcja jest przeznaczona dla uczniów w wieku od 15 do 18 lat, którzy posiadają podstawowe informacje z zakresu trygonometrii i astronomii.

*Uwaga: Na potrzeby lekcji przyjęto, że „pora roku” odpowiada okresowi klimatycznemu uznawanego za porę roku na półkuli północnej.*

### Informacje z zakresu astronomii

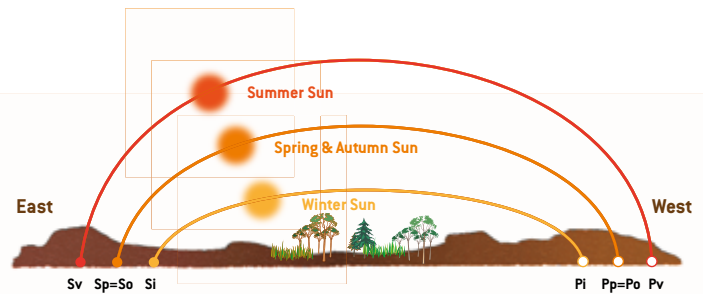
Codzienna droga Słońca po niebie zmienia się wraz z porami roku. Latem Słońce znajduje się w najwyższym punkcie nad horyzontem. Zimą Słońce znajduje się poniżej linii horyzontu. Właśnie dlatego w zimie dni są krótsze, a latem dłuższe. Na jesieni i wiosną Słońce umiarkowanie góruje nad horyzontem (zob. rysunek obok). ①

Pierwszego dnia wiosny Słońce przecina równik niebieski (deklinacja Słońca wynosi 0). W kolejnych dniach pozorny ruch Słońca przebiega coraz wyżej nad horyzontem, aż do pierwszego dnia lata, w którym osiąga najwyższy punkt na niebie (deklinacja  $\epsilon$ ). Od kolejnego dnia Słońce porusza się coraz niżej nad horyzontem, aż do pierwszego dnia jesieni, w którym ponownie przecina równik niebieski (deklinacja 0), a następnie do pierwszego dnia zimy, w którym osiąga najniższy punkt na niebie (deklinacja  $-\epsilon$ ). W zimie Słońce codziennie porusza się coraz wyżej nad horyzontem, aż do pierwszego dnia wiosny, w którym ponownie przecina równik niebieski i cały cykl zaczyna się od początku.

Długość dnia określa przedział czasu od momentu, gdy przy wschodzie Słońca górny brzeg tarczy Słońca staje się widoczny nad horyzontem, do momentu, gdy przy zachodzie Słońca ten sam górny brzeg tarczy słońca znika poniżej linii horyzontu.

Długość dnia zmienia się w ciągu roku i zależy od szerokości geograficznej. Nachylenie osi obrotu Ziemi powoduje, że zmieniają się pory roku i każdego dnia zmienia się

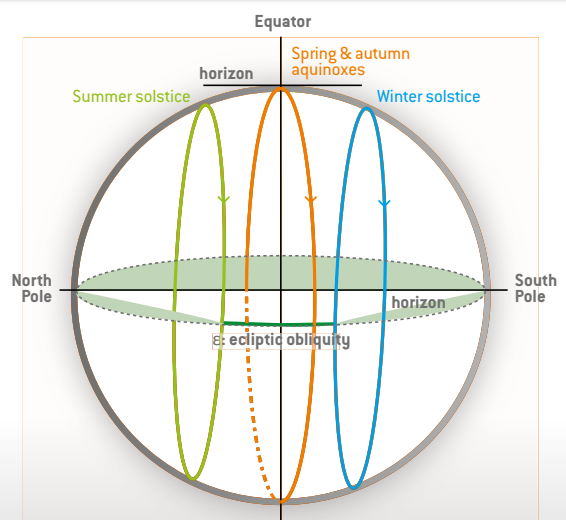
### ① Droga Słońca po niebie w pierwszym dniu każdej pory roku



Sv, Sp, So, Si – wschód Słońca latem, wiosną, jesienią i zimą.  
Pv, Pp, Po, Pi – zachód Słońca latem, wiosną, jesienią i zimą.

punkt wschodu i zachodu Słońca. Maksymalna odległość kątowna pomiędzy dwoma punktami wschodu lub zachodu Słońca oznacza kąt pomiędzy dwoma przesileniami dnia z nocą. Kąt ten zmienia się wraz z szerokością geograficzną miejsca, w którym dokonywane są pomiary, i osiąga wartość minimalną na równiku (tutaj kąt jest równy nachyleniu ekliptyki  $\epsilon$ ). Od równika wartość kąta rośnie zgodnie z wartością bezwzględną szerokości geograficznej, aż do obszaru biegunowego, w którym występuje tzw. Słońce Polarne. Stąd w mieście położonym na równiku (szer. geogr.  $\phi = 0^\circ$ ) odległość między dwoma punktami zachodu Słońca wynosi maksymalnie  $2\epsilon$  (pomiędzy przesileniami w czerwcu i grudniu) (zob. Rys. 1). W dowolnym miejscu wzdłuż równika dzień i noc zawsze trwają tyle samo: 12 godzin.

### ② Droga Słońca po niebie na równoleżniku $0^\circ$ (równiku)



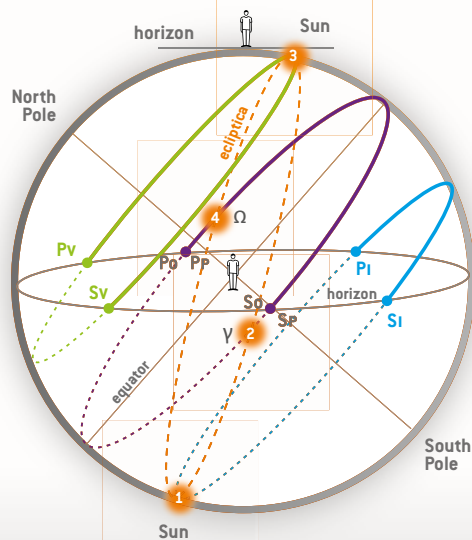
Na biegunie droga Słońca po niebie jest równoległa do horyzontu (Słońce Polarne) i nie można zmierzyć odległości kątowej pomiędzy dwoma punktami zachodu Słońca ze względu na brak takich punktów. W miejscu w pobliżu koła podbiegunowego dzień (lub noc) mogą trwać od 1 dnia do 6 miesięcy.

Miasto Saragossa jest położone powyżej równoleżnika  $40^{\circ}$  N. Dla tej właśnie strefy obliczymy długość dnia oraz jego zmiany dla różnych pór roku. W naszym regionie dzień i noc mają taką samą długość dwa razy w roku: podczas równonocy. W okresie od równonocy wiosennej do równonocy jesiennej dni są dłuższe niż noce. W okresie od równonocy jesiennej do równonocy wiosennej noce są dłuższe niż dni. Rys. 3 przedstawia drogę Słońca po niebie, dni przesileni i równonocy dla podobnych szerokości geograficznych.

nazywany kątem nachylenia (nachyleniem) ekliptyki. Kąt ten jest przedstawiany za pomocą symbolu  $\epsilon$ .

Punkty przecięcia płaszczyzny równikowej i płaszczyzny ekliptyki ze sferą niebieską tworzą dwa maksymalne okręgi zwane odpowiednio równikiem niebieskim i ekliptyką. Punkty przecięcia pomiędzy obiema płaszczyznami w dwóch miejscach położonych po przeciwnych stronach odpowiadają równonocy (zob. Rys. 4). Równonoc wiosenna (lub punkt Barana) ma miejsce w momencie, gdy Słońce przechodzi z południa na północ. Równonoc jesienna (lub punkt Wagi) ma miejsce w momencie, gdy Słońce przechodzi z północy na południe. Kąt nachylenia ekliptyki nie jest stały, lecz zmienia się w miarę upływu czasu w cyklu wynoszącym około 26 000 lat. Powolna i stopniowa zmiana orientacji osi rotacji Ziemi wynika z momentu obrotowego wywieranego przez siły pływowe Księżyca i Słońce na protuberancję równikową Ziemi. Siły te przenoszą nadmierną masę występującą w obszarze równika na płaszczyznę ekliptyki.

### 3 Słońce nad horyzontem



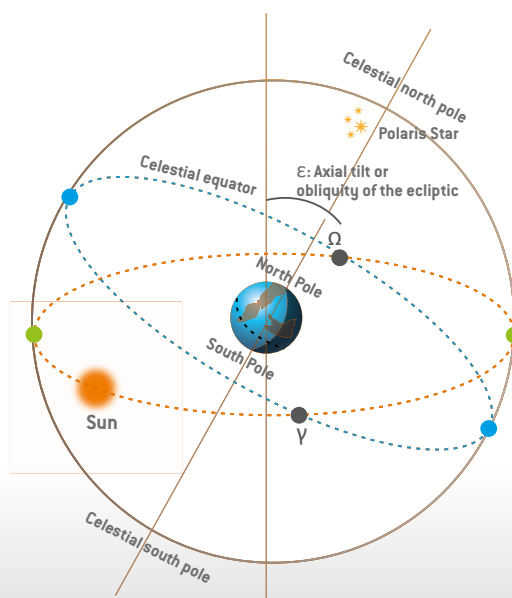
In the blue the winter solstice, in purple the equinoxes and in green the summer solstice

### Ale jaka jest ekliptyka i nachylenie ekliptyki?

Ekliptyka to płaszczyzna orbity, po której Ziemia krąży wokół Słońca. Innymi słowy jest to punkt przecięcia sfery niebieskiej z płaszczyzną zawierającą orbitę Ziemi wokół Słońca (płaszczyzna ekliptyki).

Ponieważ oś rotacji Ziemi nie jest prostopadła do płaszczyzny ekliptyki, płaszczyzna równikowa nie jest do niej równoległa. Kąt pomiędzy osią prostopadłą do płaszczyzny ekliptyki i osią rotacji Ziemi wynosi około  $23^{\circ}26'$  i jest

### 4 Ekliptyka i równonoc



### MATERIAŁY

Część 1: (wprowadzenie i prezentacja zadań), komputer z systemem operacyjnym Mac OS X, wersja: 10.4.11 oraz Word i Adobe Illustrator CS do tworzenia rysunków. W celu opracowania aplikacji można wykorzystać środowisko Eclipse IDE z Java 1.6, w systemie Windows.

Aby sprawdzić obliczone wartości w aplikacji w języku Java, warto zadbać o kamerę Pin Hole (kamera otworkowa) lub drążek, sznurek i kątomierz, aby uczniowie mogli samodzielnie wykonywać pomiary za pomocą prostych przyrządów.

### ZAKRES PROGRAMOWY

Program w języku Java [zob. [www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)] do obliczenia długości dnia jest podzielony na dwie sekcje. Po lewej stronie znajduje się pole do wprowadzania wybranych parametrów, np. daty, szerokości i długości geograficznej wybranego miejsca. Po lewej stronie są wyświetlane wartości numeryczne, np. czas zachodu Słońca, czas wschodu Słońca i obliczona długość dnia. Po prawej stronie można sprawdzić najwyższy punkt Słońca na niebie w wybranym dniu dla określonej lokalizacji. Wykres ma początek w punkcie [data i godzina] wschodu Słońca, następnie osiąga wyższe wartości, a potem stopniowo maleje do punktu zachodu Słońca.

Ponadto można skorzystać z przycisków *Calculate*, *Clear Values* i *Clear Sun Paths*, które umożliwiają wyzerowanie wprowadzonych wartości, ponowne uruchomienie obliczeń lub usunięcie wykresu pokazującego drogę Słońca po niebie.

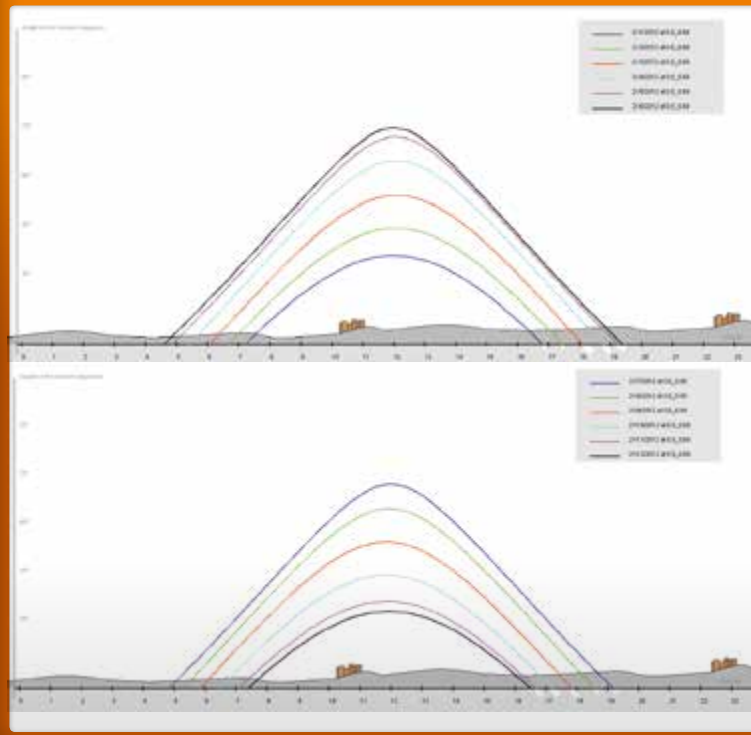
Obliczenia rejestrowane w programie można znaleźć również w wersji internetowej tej lekcji. Obliczenia te można wykorzystać w celu ręcznego obliczenia długości dnia. Jednakże, ponieważ jest to dość skomplikowane, zalecamy skorzystać z programu, aby uzyskać wyniki dla różnych dni i przeprowadzić analizę porównawczą.

Można sprawdzić np. jak zmienia się wysokość Słońca nad horyzontem w danym miejscu zależnie od pory roku, poprzez wprowadzenie różnych wartości. Wyniki przedstawiono na kolejnym rysunku. ⑤

Na ostatnim rysunku przedstawiono rosnącą wysokość Słońca nad horyzontem aż do czerwca oraz coraz dłuższy dzień ze względu na to, że wschód Słońca ma miejsce o wcześniejszej godzinie, a zachód Słońca następuje później. Jednakże w okresie od lipca do grudnia Słońce znajduje się coraz niżej nad horyzontem, co wpływa zarówno na długość dnia, jak i godzinę wschodu i zachodu Słońca.

Ponadto można sprawdzić, jaka jest wysokość Słońca nad horyzontem w wybranym dniu dla różnych lokalizacji. Przykładowo, 21 czerwca 2012 r. można sprawdzić różnicę pomiędzy równoleżnikiem  $40^\circ$  na północ i  $40^\circ$  na

### ⑤ Porównanie drogi Słońca dla jednej lokalizacji w danym miesiącu

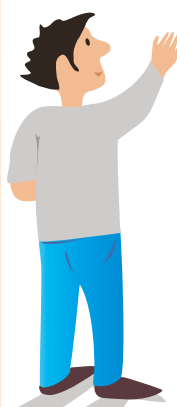


południe od równika. Co interesujące, można zobaczyć, że godzina wschodu i zachodu Słońca jest mniej więcej podobna, jednakże wysokość Słońca nad horyzontem może różnić się o ponad  $60^\circ$  pomiędzy równikiem i biegunem północnym.

Zmiana tylko długości geograficznej, dla tego samego dnia i szerokości geograficznej, może stanowić przedmiot kolejnej analizy. Wyniki powinny pokazywać, że długość dnia i wysokość Słońca nad horyzontem jest taka sama, jednakże godziny wschodu i zachodu Słońca różnią się od tych dla wprowadzonej długości geograficznej.

Kolejnym interesującym faktem jest to, że podczas równonocy (około 21 marca i 21 września) dzień może trwać 12 godzin. Najdłuższy dzień ma miejsce podczas przesilenia letniego (około 21 czerwca), a najkrótszy – podczas przesilenia zimowego (około 21 grudnia).

Na koniec można zaproponować uczniom, aby zweryfikowali niektóre wyniki uzyskane w programie poprzez opracowanie własnego prostego przyrządu pomiarowego. Przykładowo, za pomocą kamery Pin Hole uczniowie mogą odtworzyć zmiany w wysokości Słońca nad horyzontem w ciągu dnia.



Wystarczy też prosty drążek, by obliczyć kąt tworzony przez promienie słoneczne i linię horyzontu. Kąt ten odpowiada wysokości kątowej Słońca w danym momencie. Uczniowie mogą sprawdzić wyniki dla różnych godzin w ciągu dnia i stwierdzić, że wartości uzyskane z pomiarów za pomocą takiego prostego przyrządu są podobne do wartości uzyskanych w programie. Inna metoda wykonywania stosownych obliczeń polega na zaznaczeniu na ziemi punktów, na które w ciągu dnia pada cień drążka.

### WNIOSKI

Aplikacja opracowana na potrzeby lekcji umożliwia sprawdzenie długości dowolnego dnia w ciągu roku dla dowolnej szerokości geograficznej. Ale obliczenia wykonywane w programie mogą dać nietypowe wyniki. W przypadku pewnych szerokości geograficznych Słońce czasami nie wschodzi i nie zachodzi, dlatego nie można oznaczyć długości dnia. W takiej sytuacji na ekranie pojawia się komunikat ostrzegawczy w czerwonym kolorze informujący, że wybrana szerokość geograficzna znajduje się w miejscu, w którym latem występuje dzień polarny. W zimie na takim obszarze noc trwa czasem 24 godziny na dobę.

Program pozwala obliczyć długość dnia dla różnych dni i zapisać reprezentację graficzną każdego z nich. W ten sposób można porównać zmiany w godzinach wschodu i zachodu Słońca w zależności od pory roku i na tej podstawie określić długość dnia.

W ramach projektu specjalnego można każdej grupie 3-4 uczniów zadać wykonanie obliczeń dla różnych szerokości geograficznych. W zależności od liczby uczniów nauczyciel powinien wybrać kilka stref równoleżnikowych co 15-20 stopni na półkuli północnej i południowej. Każda z grup ma za zadanie przygotować prezentację w programie PowerPoint, aby przedstawić i wspólnie z pozostałymi uczniami omówić uzyskane wyniki.

### BIBLIOGRAFIA

- ▮ Abad, A.; Docobo, J.A. & Elipe, A. *Curso de Astronomía. Colección textos docentes*. Pressas Universitarias de Zaragoza. 2002.
- ▮ Duffett-Smith, Peter. *Astronomy with your personal computer*. Cambridge University Press. 1986.
- ▮ Viñuales Gavín, Ederlinda. *Euroastro. Astronomy in the city*. Socrates Comenius 1 project. 1998-2001.

