

Dane do zadania:		
Położenie obserwatora: okolice Warszawy: $\varphi = 52^\circ$; $\lambda = 21^\circ$ równik: $\varphi = 0^\circ$; $\lambda = 21^\circ$	Dane gwiazdy: Gwiazda nr 498 $\alpha = 13h\ 26m\ 26.067s$ $\delta = -11^\circ 16' 59.73''$	Data: 1 lipca 2023 r.
		Nr: 24

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zdobycie wiedzy na temat układów współrzędnych używanych w astronomii oraz wyznaczenie i wizualizacja dobowego położenia wybranej gwiazdy w układzie współrzędnych lokalnych (horyzontalnych) dla Warszawy i równika.

2. Wstęp teoretyczny

W tym ćwiczeniu skupimy się na aspektach związanych z astronomią jako głównym tematem sprawozdania. Astronomia geodezyjna to dziedzina astronomii, która zajmuje się definiowaniem oraz realizacją ziemskich i niebieskich układów odniesienia. W celu określenia położenia gwiazd i obliczania naszej pozycji na Ziemi na podstawie ich obserwacji stosujemy układy współrzędnych na sferze niebieskiej. Jest to sferyczny obszar o nieskończenie wielkim promieniu, gdzie człowiek jako obserwator znajduje się w jej centrum. Wykorzystuje się trzy główne układy współrzędnych (horyzontalny, równikowy ekwinokcjalny i równikowy godzinny). Podobnie jak na Ziemi, na sferze niebieskiej definiuje się południki i równoleżniki niebieskie. Największy z równoleżników nazywany jest równikiem niebieskim. Przez sferę niebieską przechodzi tzw. oś świata przechodzącą przez dwa bieguny N i S oraz przecinającą się ze sferą w punktach P_N (północ niebieska) oraz S_N (południe niebieskie).

Innym ważnym pojęciem jest płaszczyzna horyzontu zawierająca limbus spoziomowanego instrumentu. Jest to płaszczyzna chwilowa ponieważ zmienia się wraz ze stanowiskiem obserwatora. Prosta prostopadła do horyzontu przecina się ze sferą niebieską w punktach Z (zenit) oraz N (nadir). Almukantaratami nazywamy linie równoległe do horyzontu, a prostopadłymi wertykały.

3. Opis przebiegu ćwiczenia

3.1 Biblioteki

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
```

Program został napisany w języku Python z wykorzystaniem bibliotek:

`matplotlib` służącej do wyświetlania wizualizacji oraz `numpy` niezbędnej do wykonania obliczeń matematycznych.

3.2 Obliczenie daty juliańskiej

```
jd = julday(2023, 7, 1, hours)
time_offset = 2
jd_utc = jd - time_offset/24
```

Na początku uwzględniona została strefa czasowa dla Polski (UTC + 2). Obliczamy datę juliańską dla lokalnego czasu w Warszawie, a następnie przesuwamy ją o różnicę czasową pomiędzy UTC+2 a UTC w celu uzyskania daty juliańskiej w czasie UTC.

3.3 Obliczenie lokalnego czasu gwiazdowego (LST)

```
GMST0 = GMST(jd_utc)
LST = GMST0 * 15 + longitude
```

Do obliczenia LST wykorzystujemy czas średni gwiazdowy Greenwich na epokę 0 UT1 na podstawie daty juliańskiej danej epoki. Uwzględniamy długość geograficzną (longitude) miejsca obserwacji.

3.4 Wyznaczenie kąta godzinnego (t)

```
t = np.deg2rad(LST) - hms2rad(RA)
```

Kąt godzinny liczymy w radianach wykorzystując lokalny czas gwiazdowy oraz rektascenzję gwiazdy. Wykorzystujemy funkcję `deg2rad` żeby zamienić lokalny czas gwiazdowy na radiany i podobnie postępujemy z rektascenzją wykorzystując funkcję `hms2rad`.

3.4 Transformacja między układami współrzędnych

Wykorzystujemy trójkąt parametryczny do transformacji między układami współrzędnych równikowym godzinnym a horyzontalnym.

Korzystamy z wzoru cosinusowego:

$$\cos(90^\circ - h) = \cos(90^\circ - \varphi)\cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \varphi)\sin(90^\circ - \delta)\cos(t),$$

który po przekształceniach daje wzór na h:

$$\sin(h) = \sin(\varphi)\sin(\delta) + \cos(\varphi)\cos(\delta)\cos(t)$$

Z powyższego wzoru wyznaczamy h:

```
h = np.arcsin(np.sin(np.deg2rad(latitude)) * np.sin(dms2rad(Dec))
              + np.cos(np.deg2rad(latitude)) * np.cos(dms2rad(Dec)) * np.cos(t))
```

Do wyznaczenia azymutu wykorzystujemy wzór sinusowy z trójkąta parametrycznego:

$$\frac{\sin(90^\circ - \delta)}{\sin(360^\circ - Az)} = \frac{\sin(z)}{\sin(t)}, \text{ co po przekształceniach daje nam wzór na Az:}$$

$$tg(Az) = \frac{-\cos(\delta)\sin(t)}{\cos(\varphi)\sin(\delta) - \sin(\varphi)\cos(\delta)\cos(t)}$$

Obliczamy azymut Az:

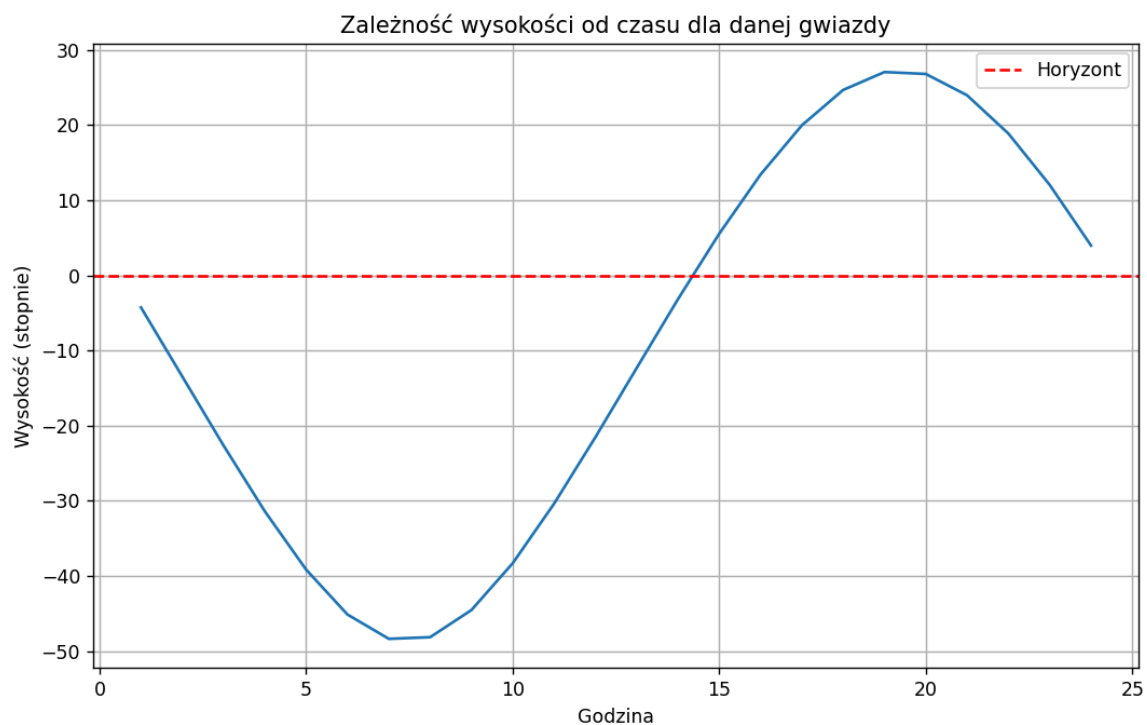
```
Az = np.arctan2((-1) * np.cos(dms2rad(Dec)) * np.sin(t),
                (np.cos(np.deg2rad(latitude)) * np.sin(dms2rad(Dec))
                 - np.sin(np.deg2rad(latitude)) * np.cos(dms2rad(Dec)) * np.cos(t)))
```

3.5 Wizualizacja graficzna

Do generowania wykresów skyplot oraz wykresu 3D wykorzystane zostały kody, które zostały omówione i przedstawione na zajęciach.

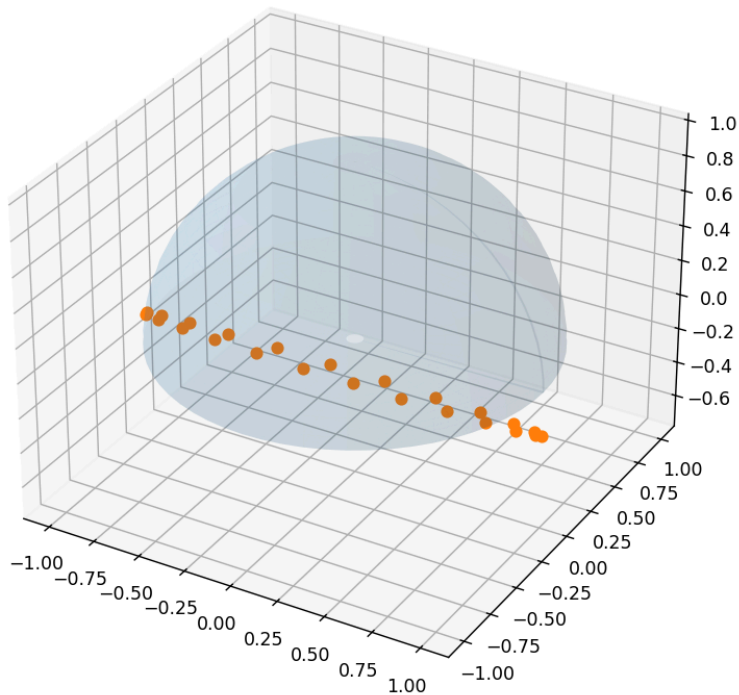
4. Wykresy i wnioski

4.1 Położenie gwiazdy nr 498 w okolicach Warszawy

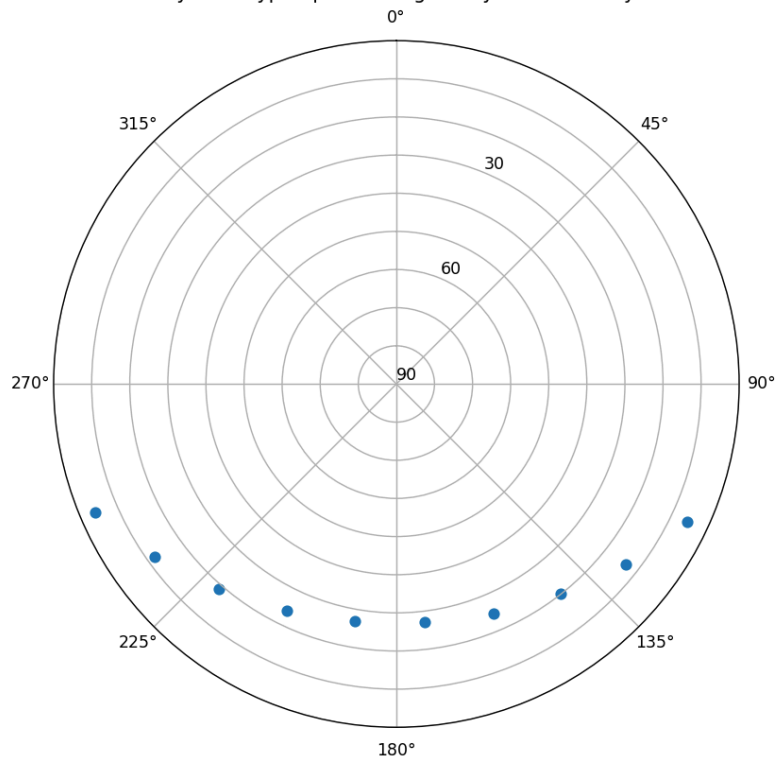


wyk.1 Wykres zależności wysokości od czasu

Wykres 3D położenia gwiazdy dla Warszawy



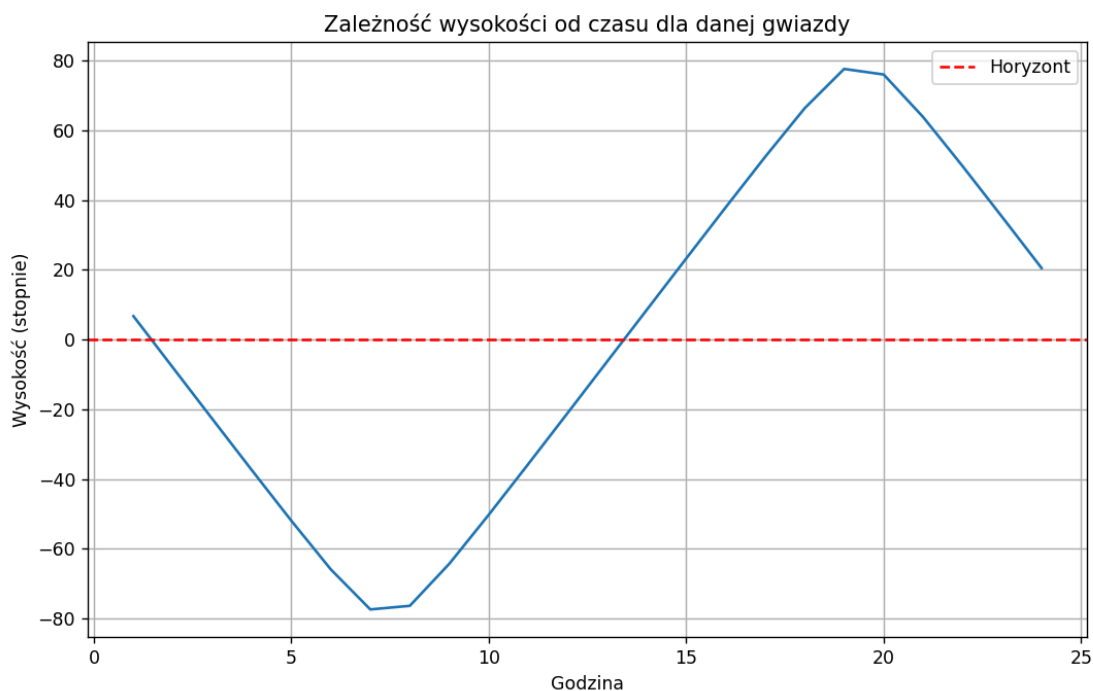
Wykres skyplot położenia gwiazdy dla Warszawy



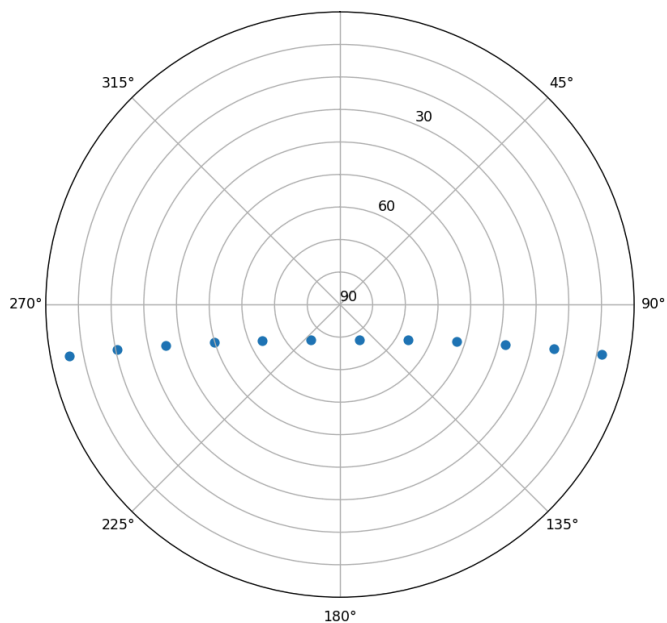
Wnioski:

Gwiazda nr. 498 1 lipca 2023 r w okolicach Warszawy wejdzie o godzinie 14:40 (przecięcie wykresu z linią horyzontu). O godzinie 19:00 gwiazda osiągnie najwyższy punkt na niebie. Nie przechodzi przez I wertykał. Zachód gwiazdy nastąpi około północy.

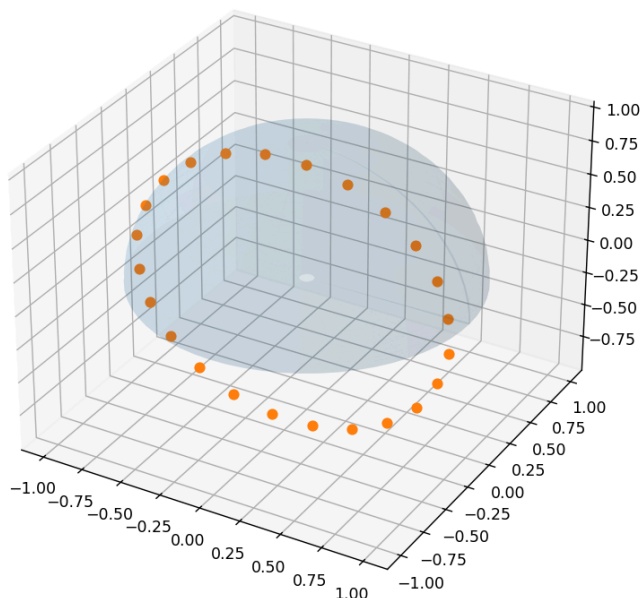
4.2 Położenie gwiazdy nr 498 w okolicach równika



wyk.2 Wykres zależności wysokości od czasu

Wykres skyplot położenia gwiazdy dla równika
0°

Wykres 3D położenia gwiazdy dla równika



Wnioski:

Gwiazda nr. 498 1 lipca 2023 r na równiku wszędzie o godzinie 14:00 (przecięcie wykresu z linią horyzontu). O godzinie 19:00 gwiazda osiągnie najwyższy punkt na niebie. Nie przechodzi przez I wertykał. Zachód gwiazdy nastąpi około godziny 1:30, co jest widoczne na wykresie jako przecięcie z linią horyzontu.

4.3 Przedstawienie graficzne położenia Słońca

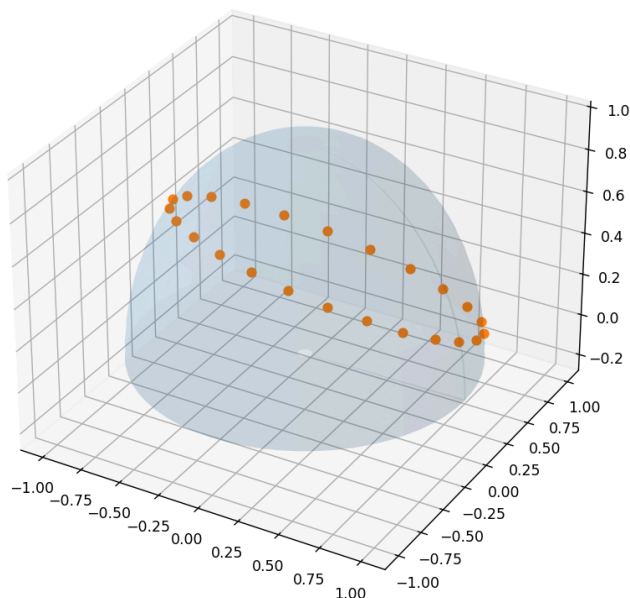
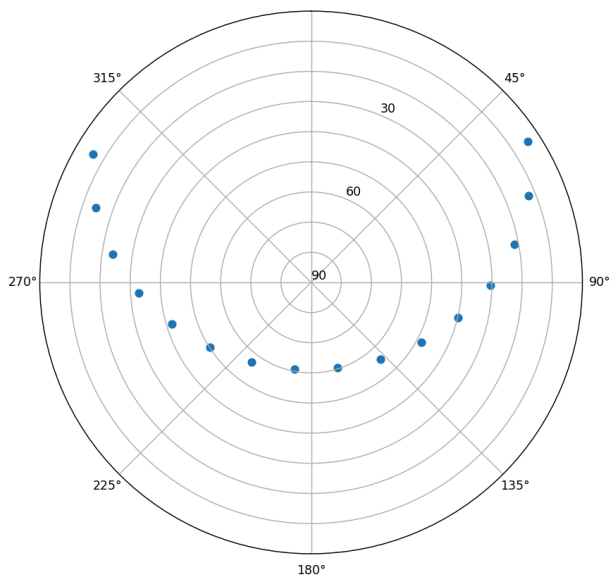
Dane:

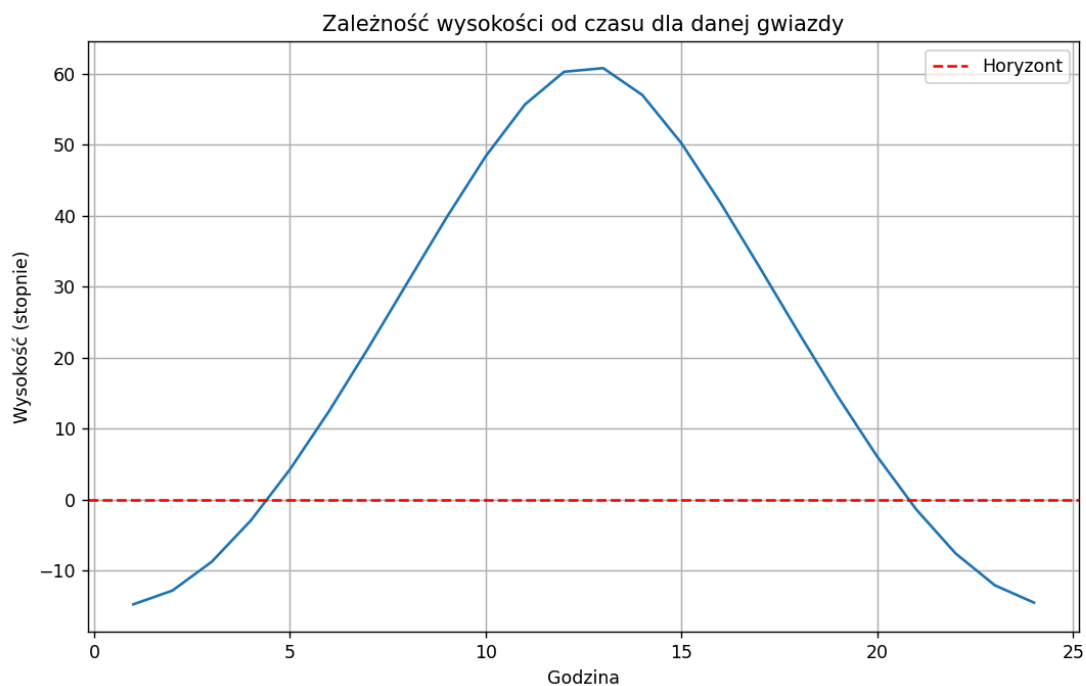
Rektascencja: 6h 37m 43.973s

Deklinacja: 23°8'11.85"

Wykresy 3d i skyplot dla Warszawy:

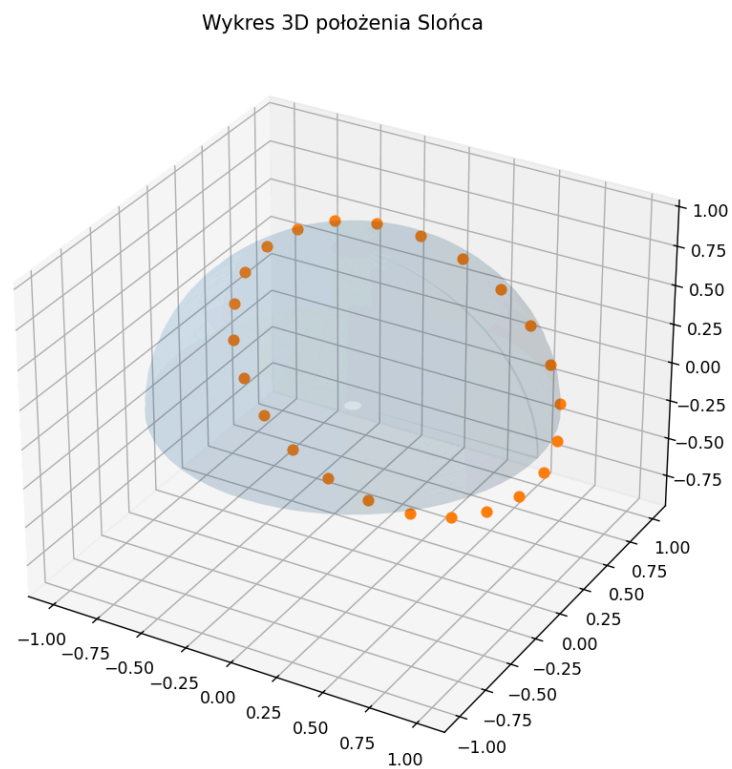
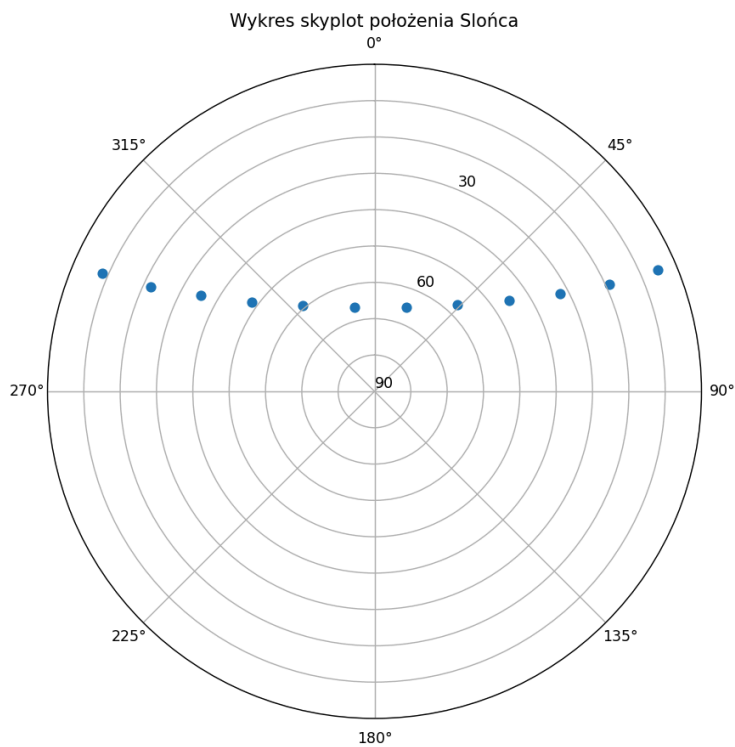
Wykres 3D położenia Słońca

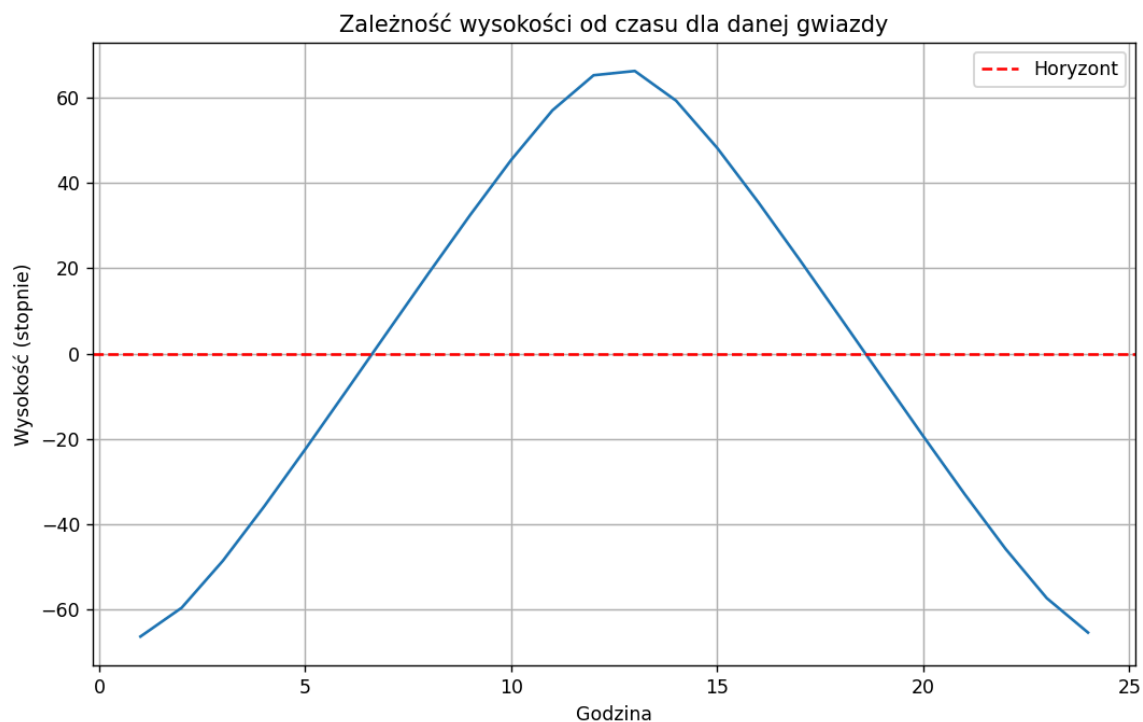
Wykres skyplot położenia Słońca
0°



Wniosek: Słońce w okolicach Warszawy wschodzi około godziny 4, a zachodzi o 21:00 czasu letniego.

Wykresy 3d i skyplot dla równika:

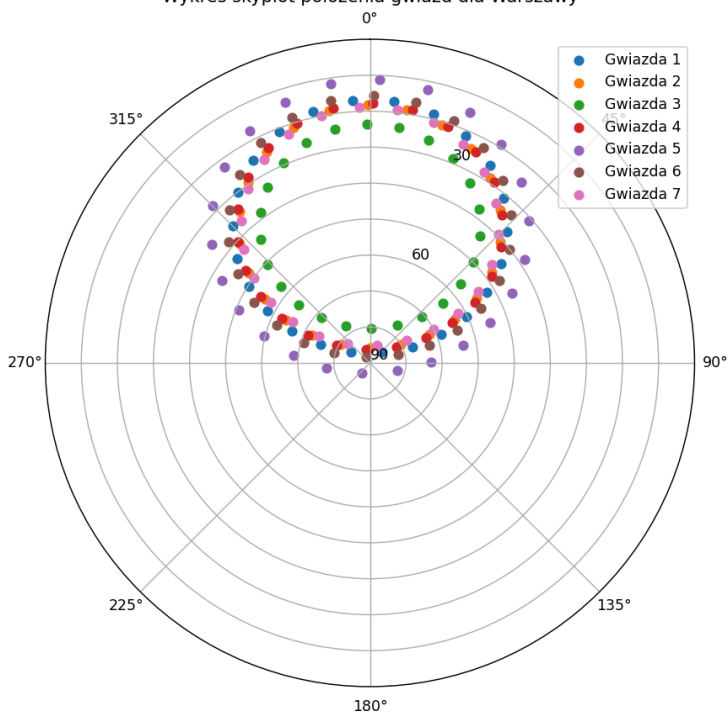




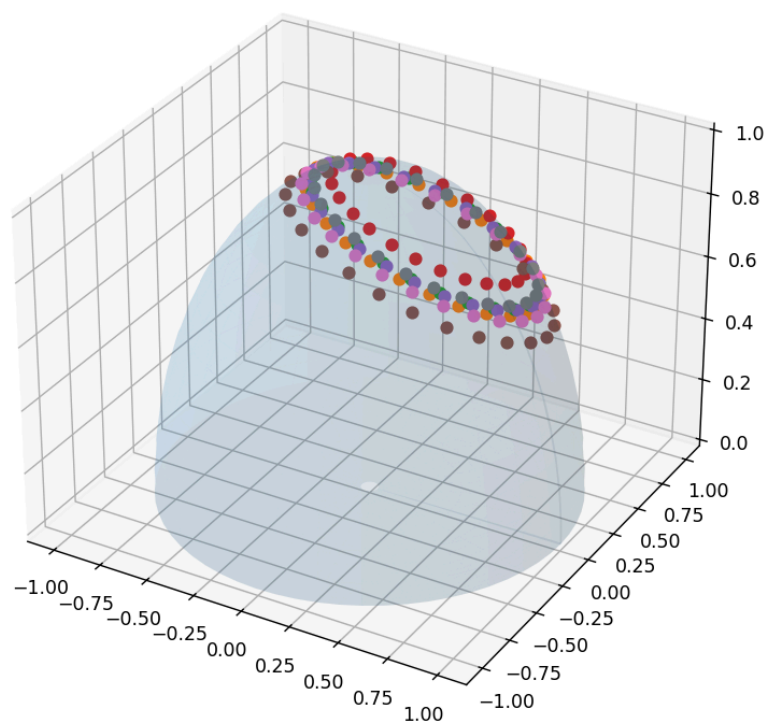
Wniosek: Słońce w okolicach równika wschodzi około godziny 6, a zachodzi o 19:00 czasu środkowoeuropejskiego.

Przedstawienie graficzne Wielkiego Wozu

Wykres skyplot położenia gwiazd dla Warszawy



Wykres 3D położenia gwiazd dla Warszawy



Wnioski: Gwiazdy tworzące gwiazdozbiór Wielkiego Wozu 1.07.2023 r. znajdują się powyżej linii horyzontu. Część gwiazd przechodzi przez I wertykał.