

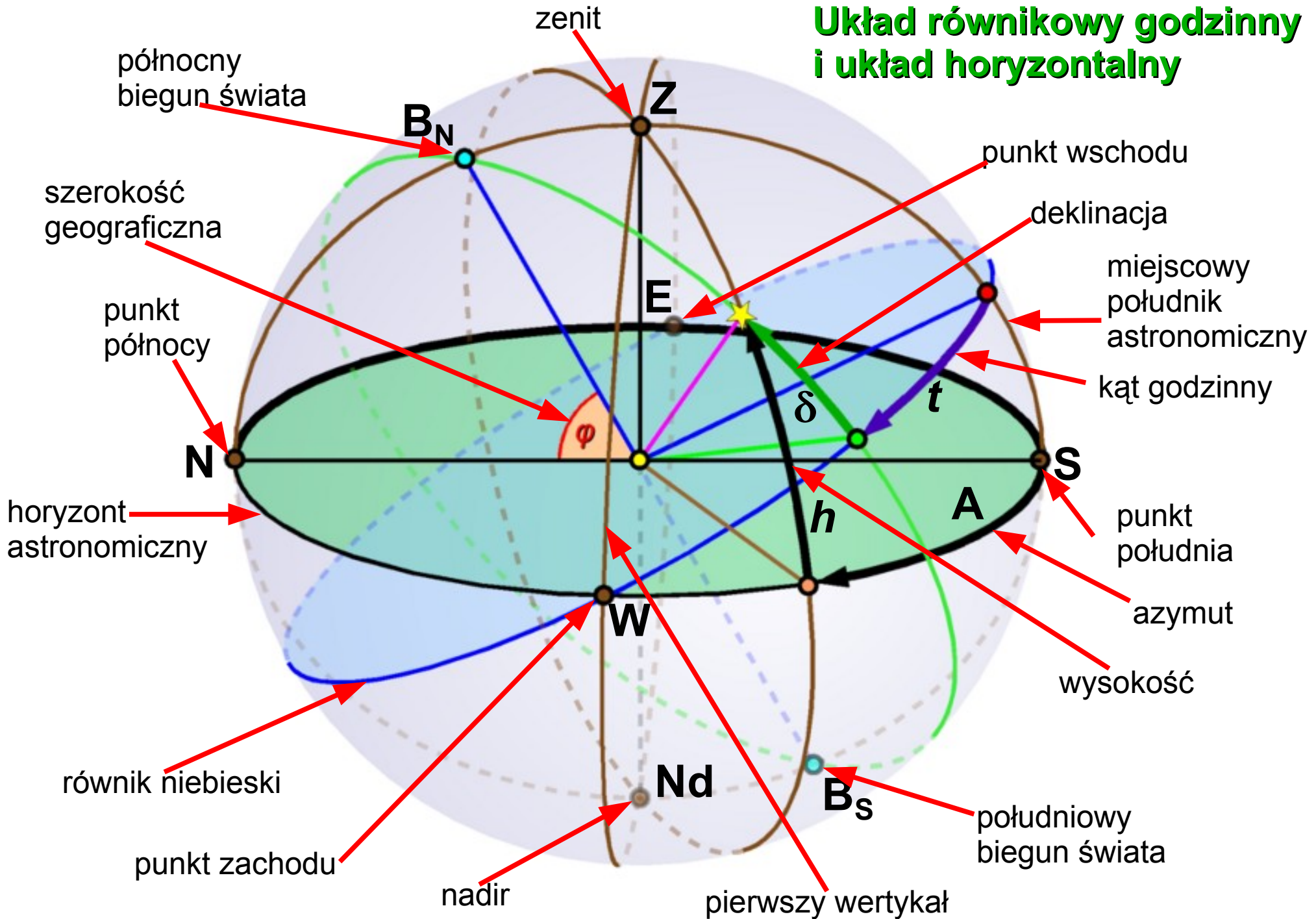
Wykład udostępniam na licencji Creative Commons:

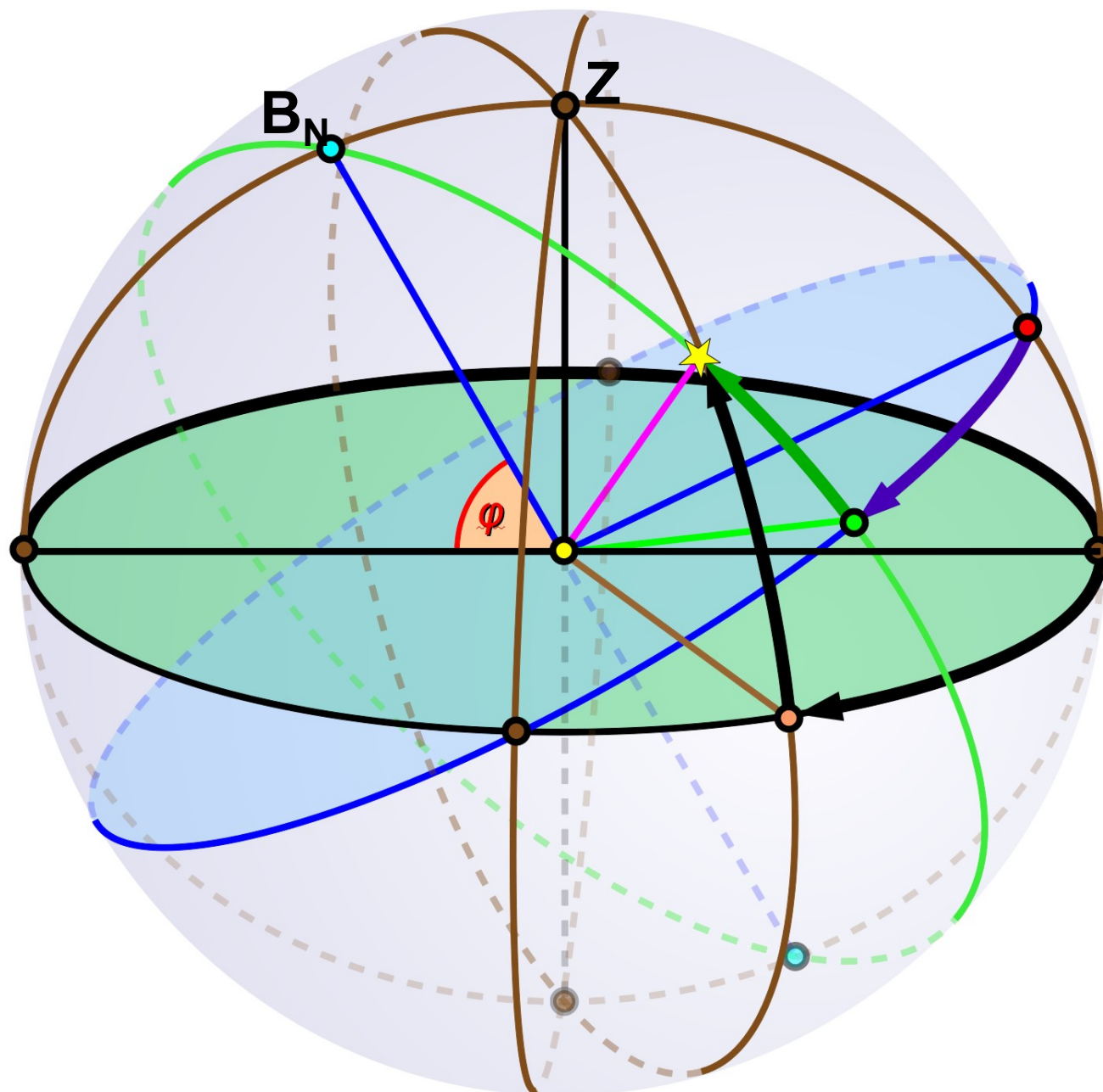


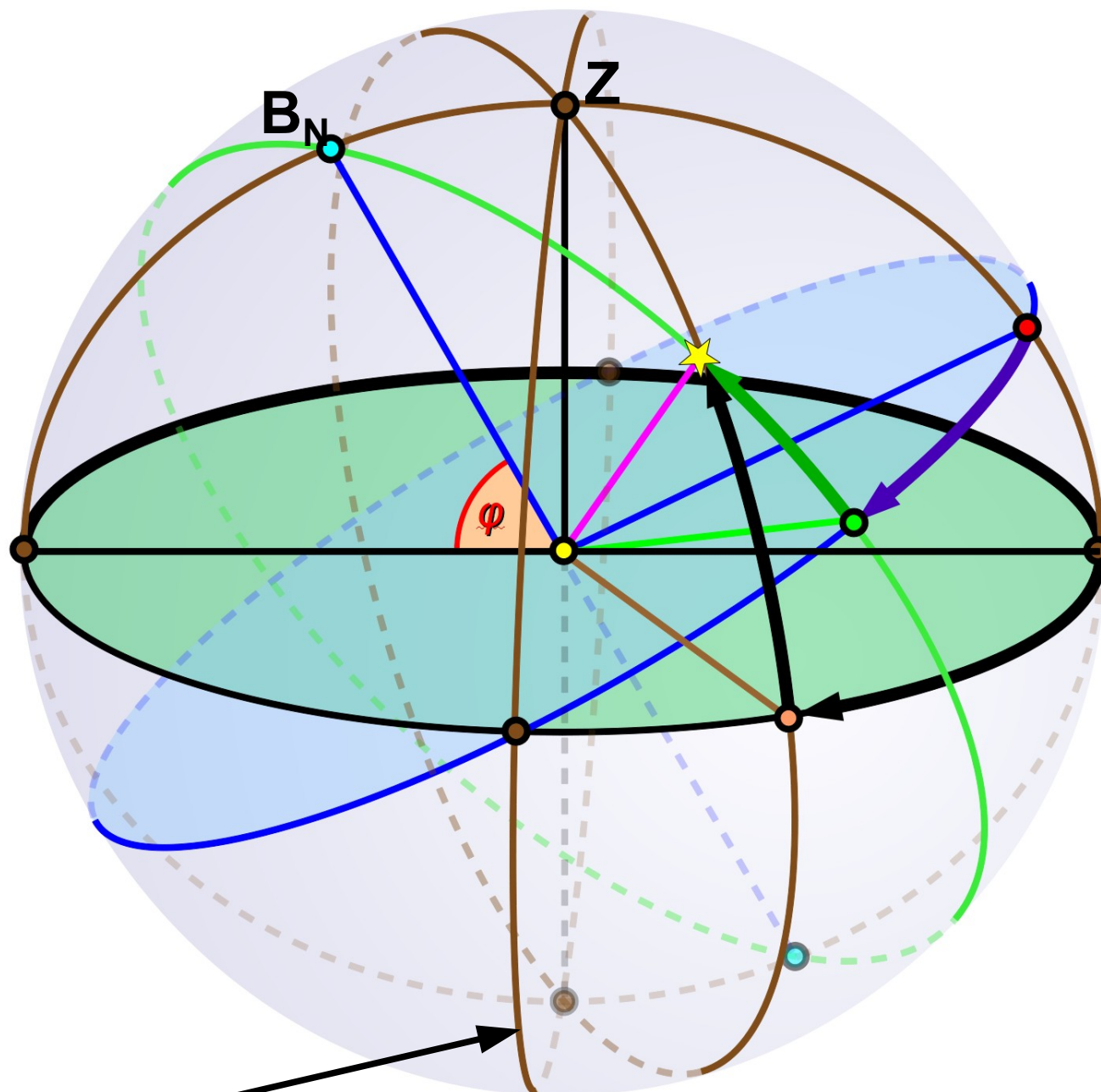
Wędrówki między układami współrzędnych oraz zmiany współrzędnych

Piotr A. Dybczyński

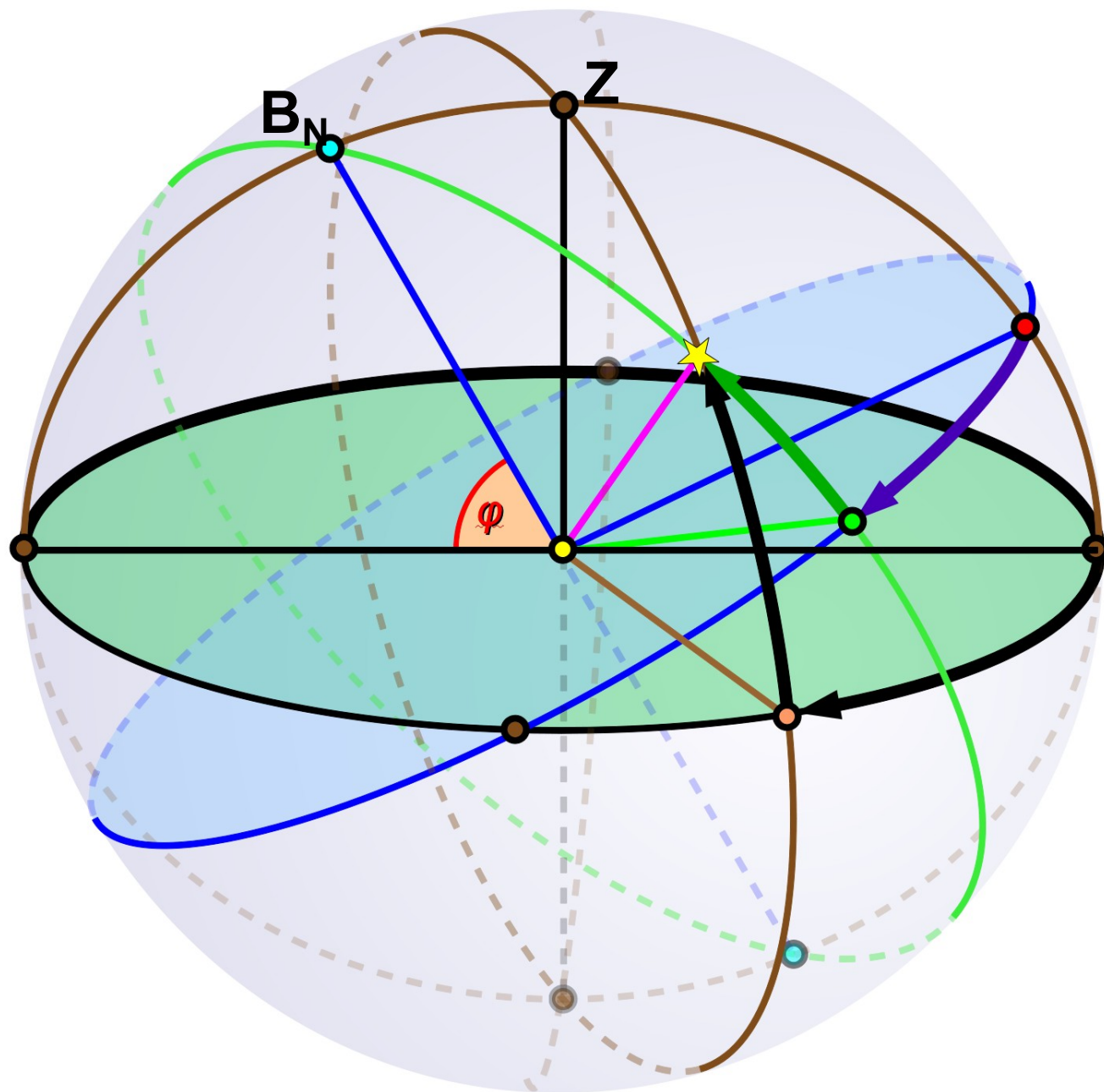
Układ równikowy godzinny i układ horyzontalny

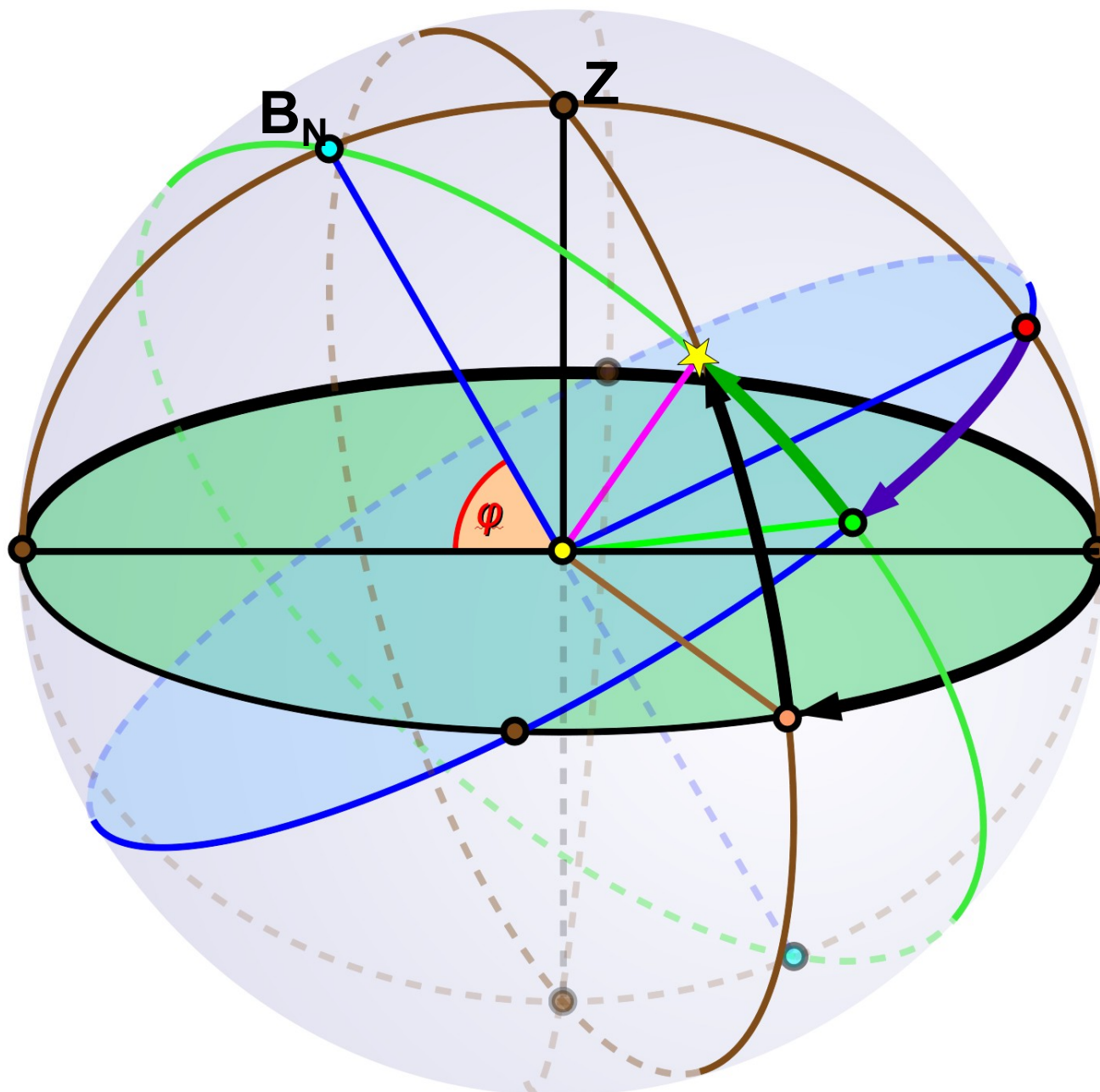




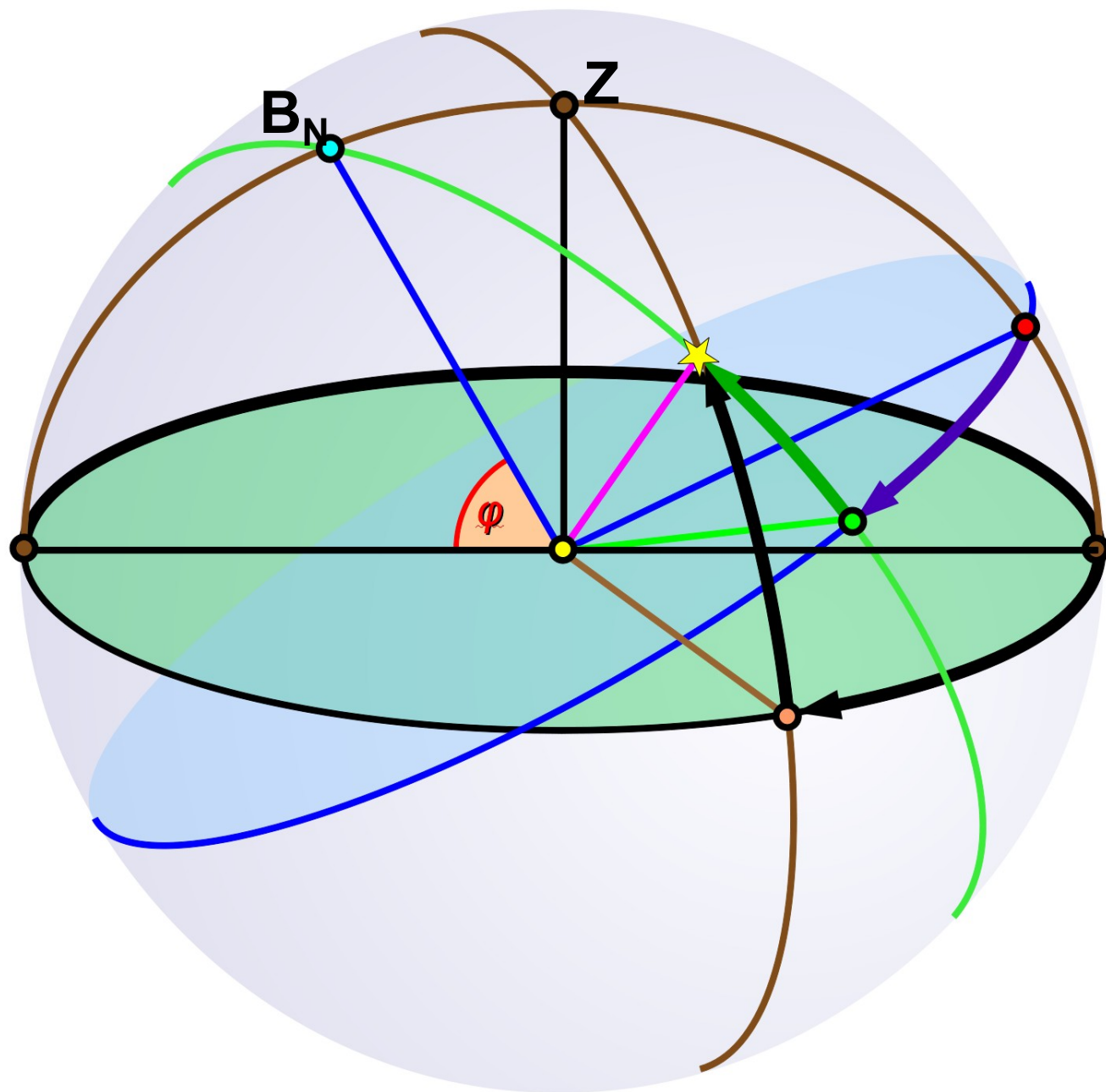


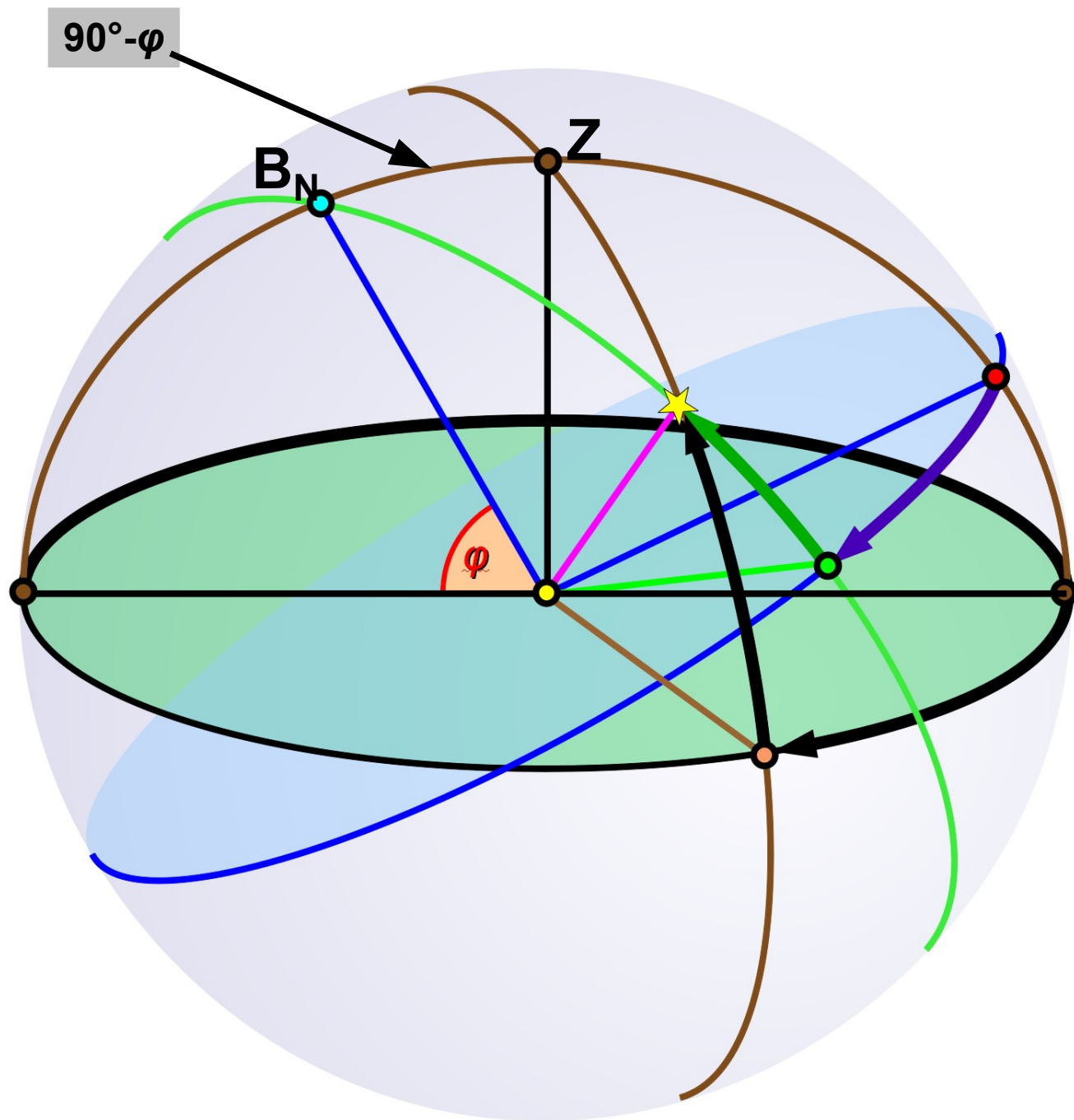
Usuńmy pierwszy wertykał...

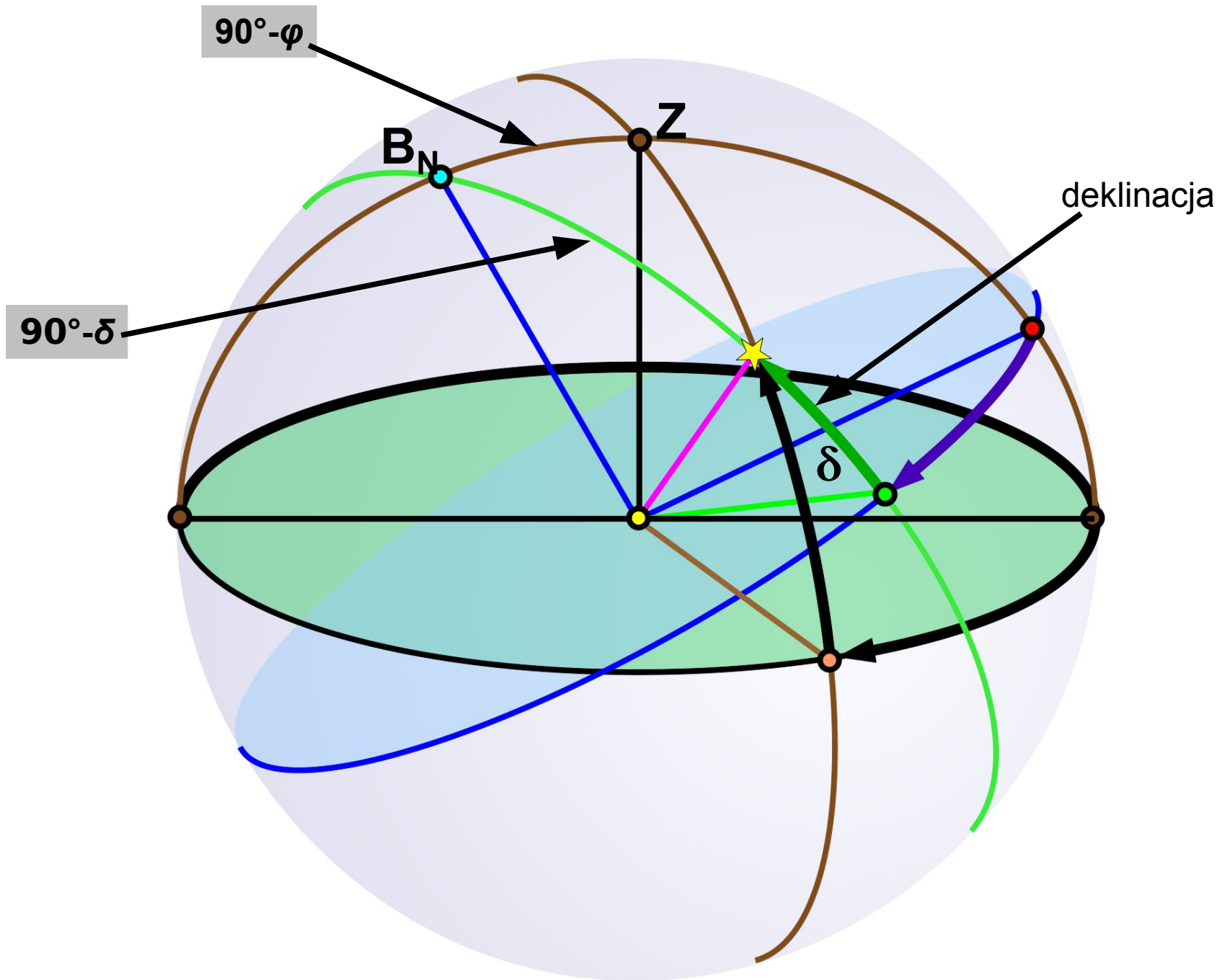


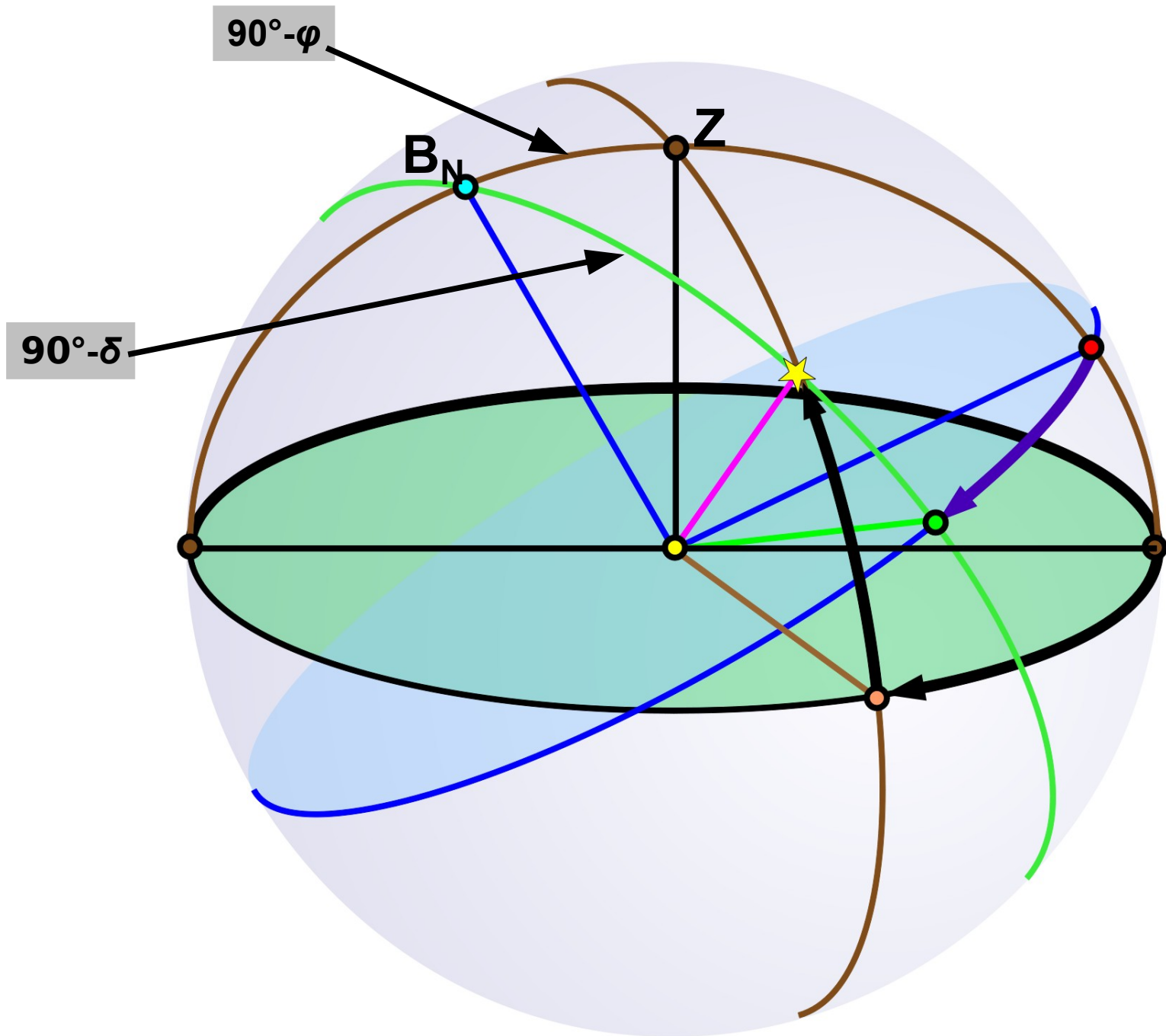


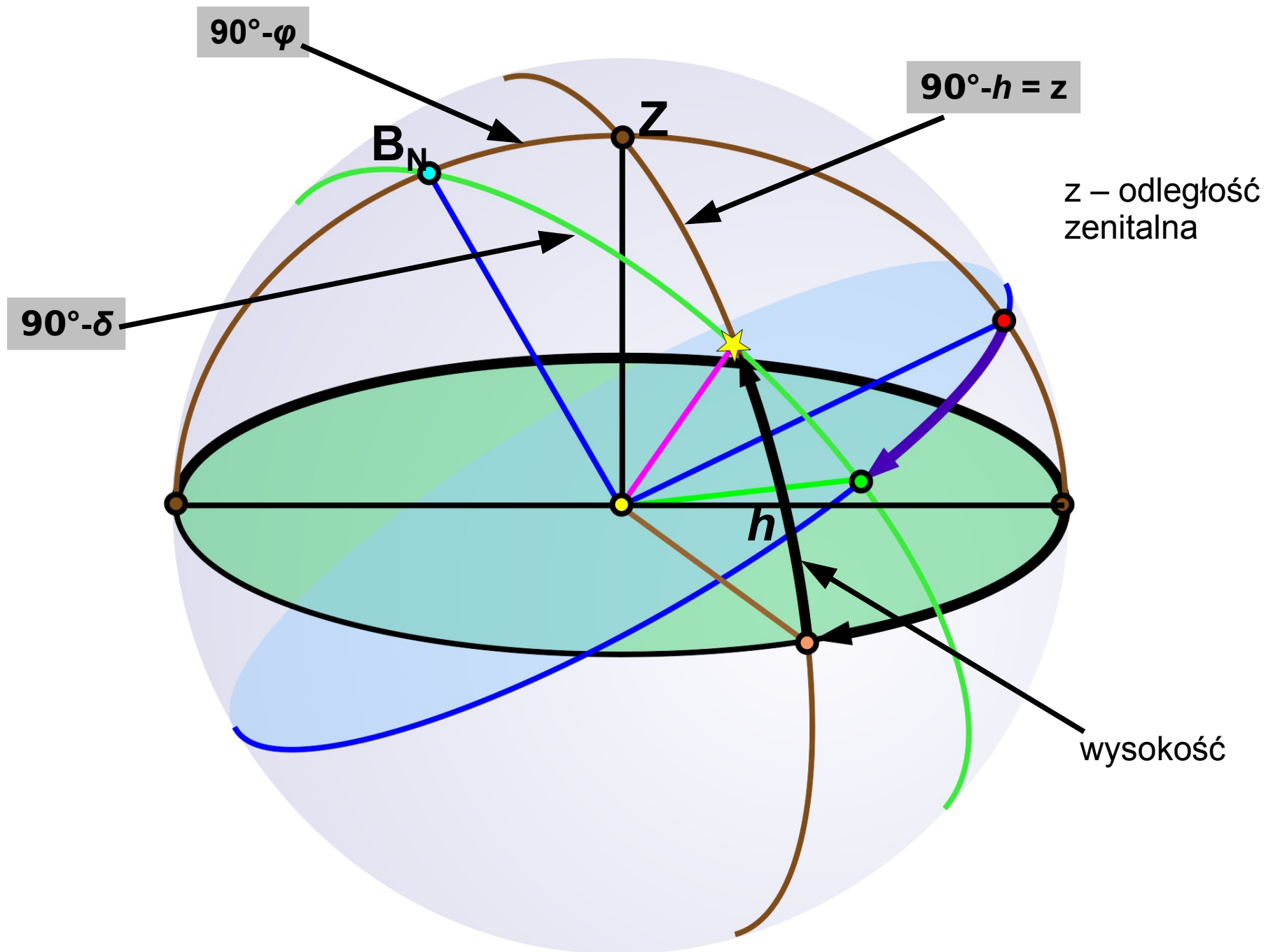
Usuńmy niewidoczne linie...

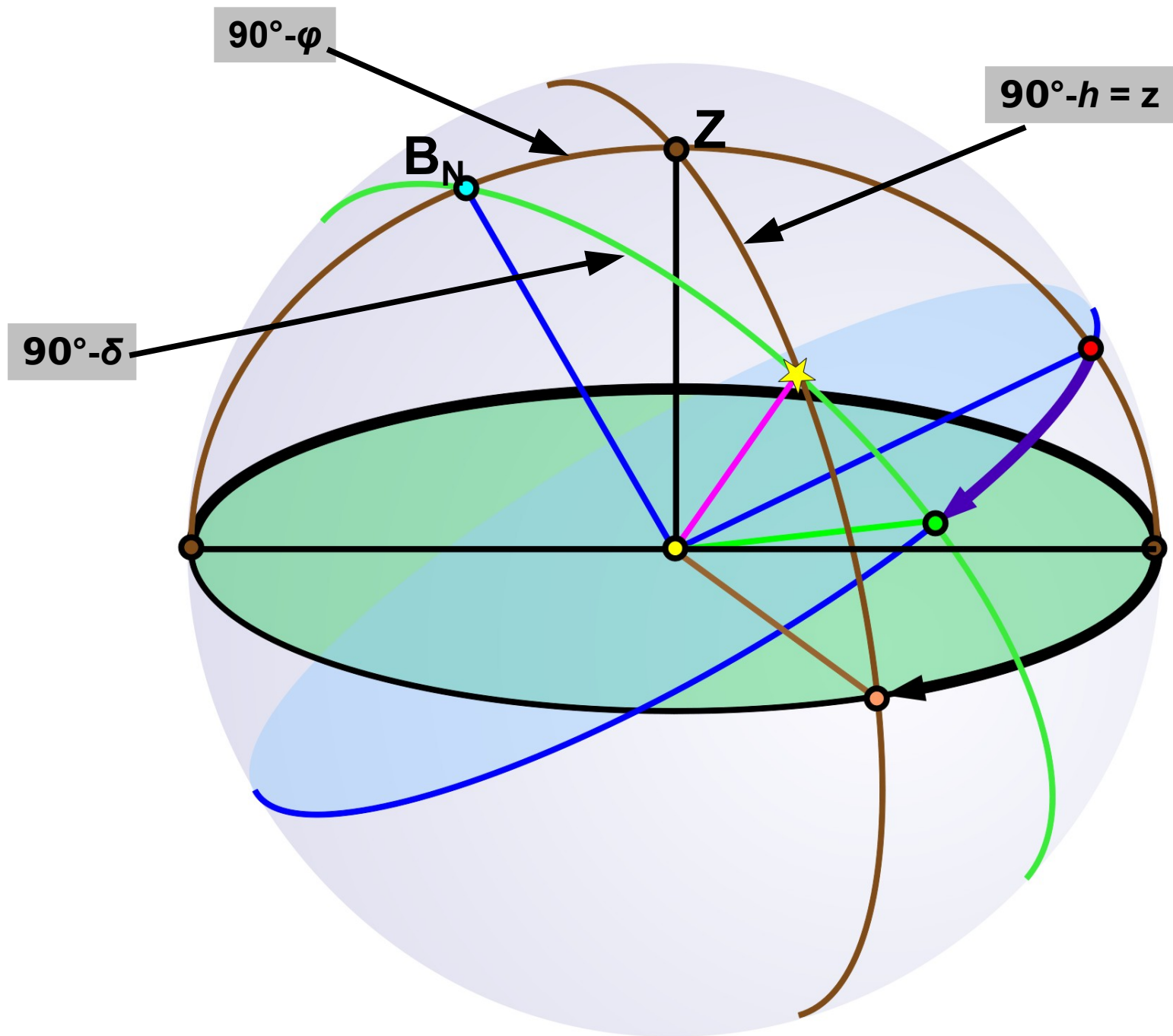


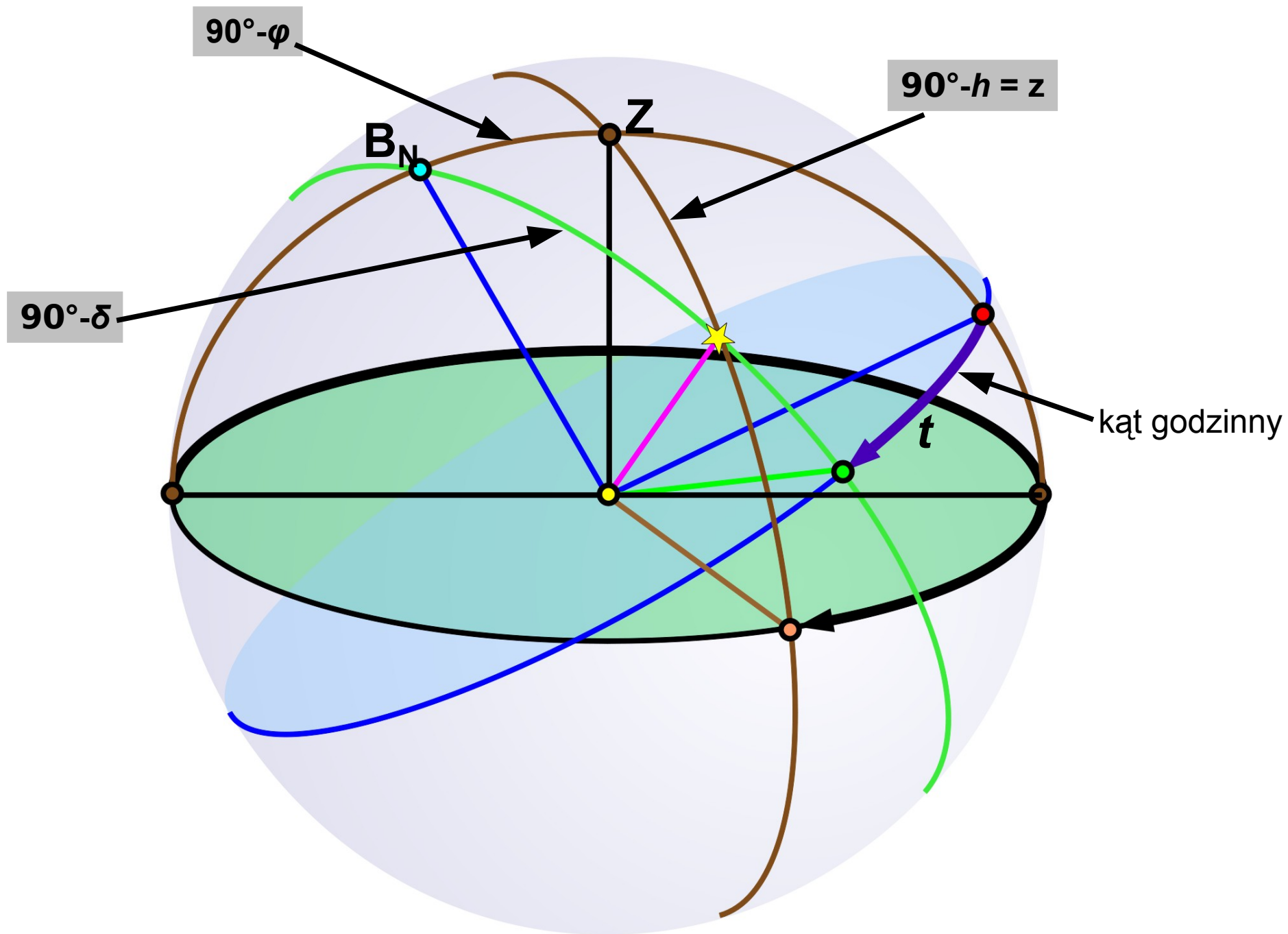


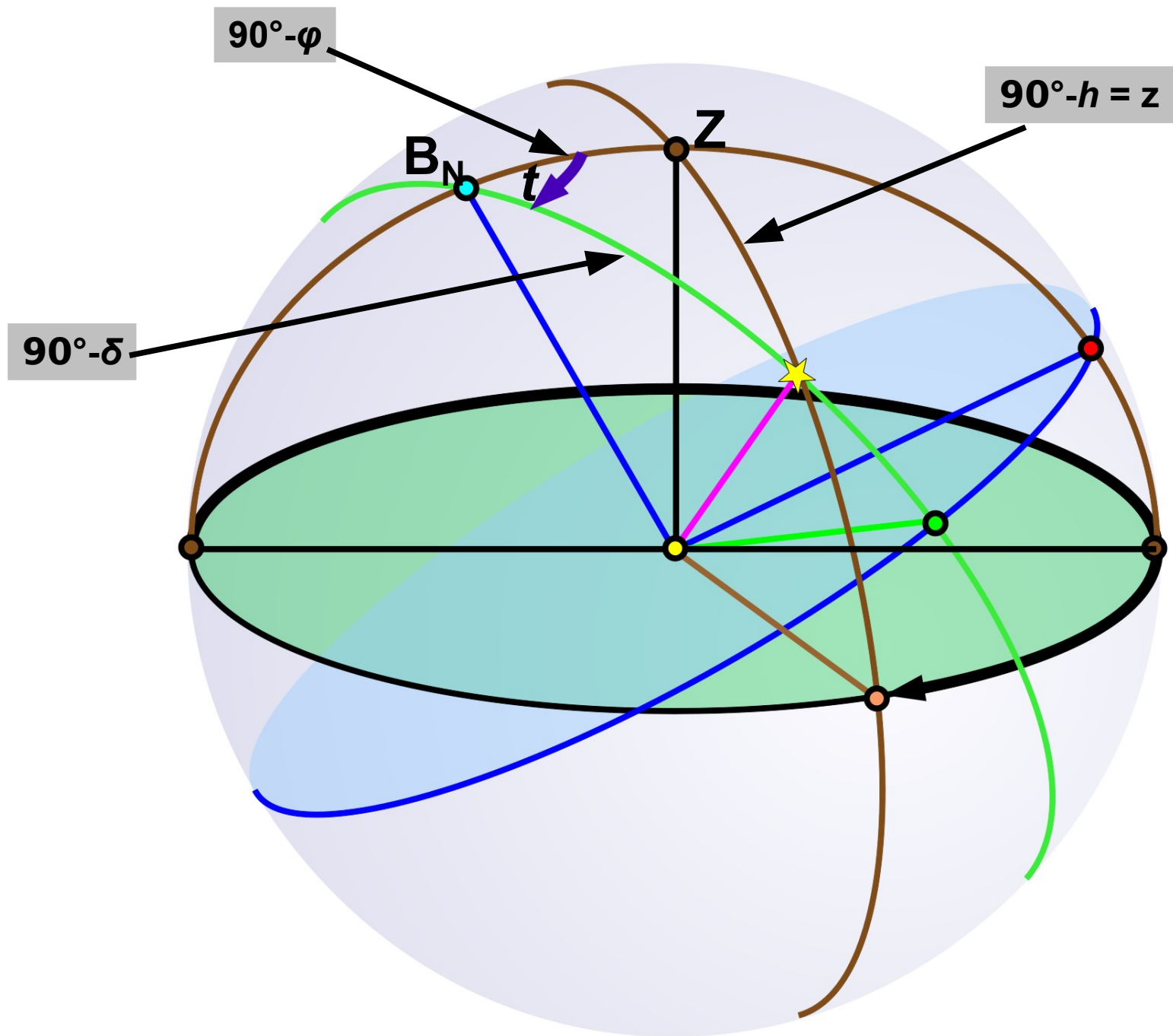


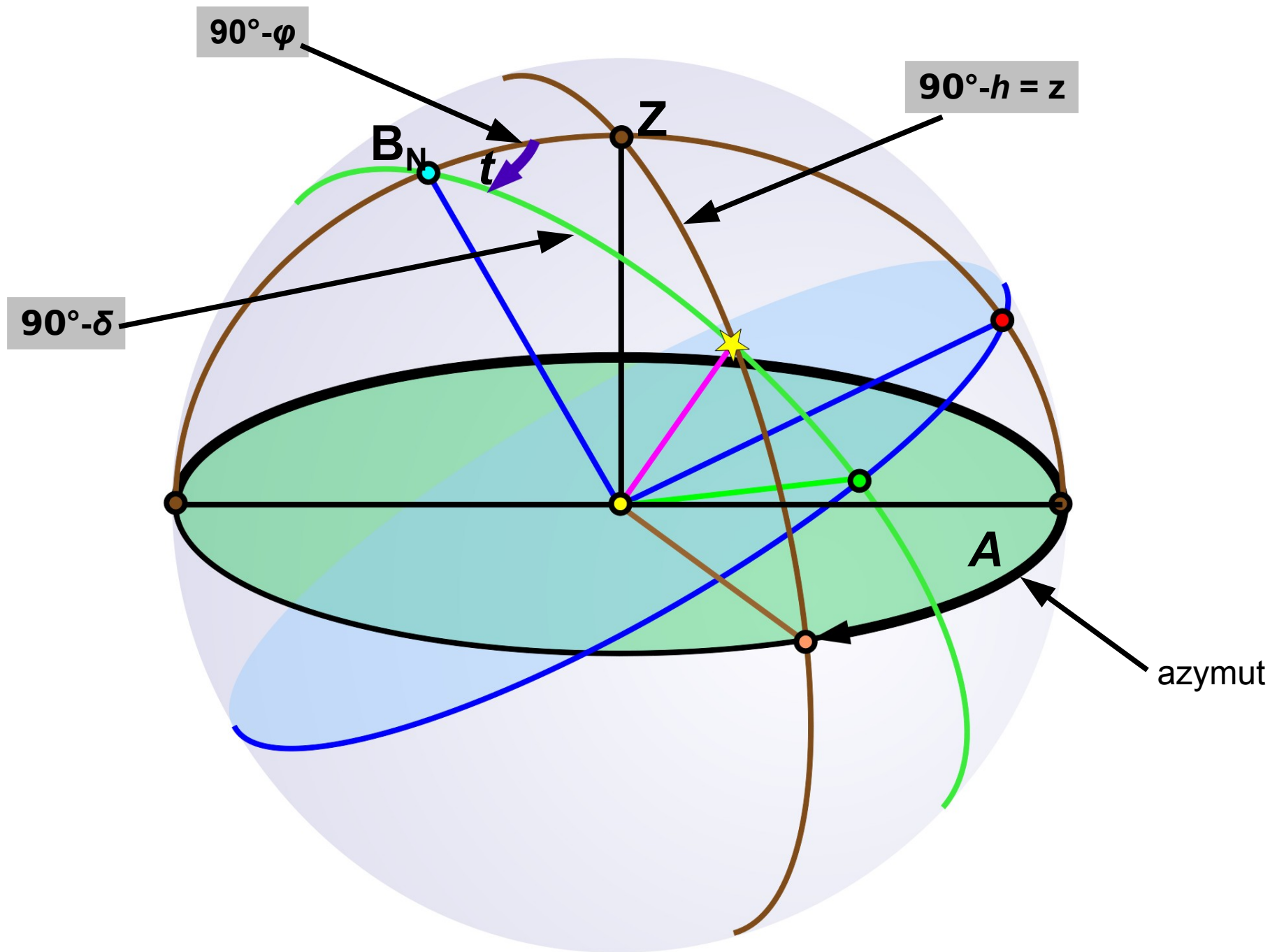


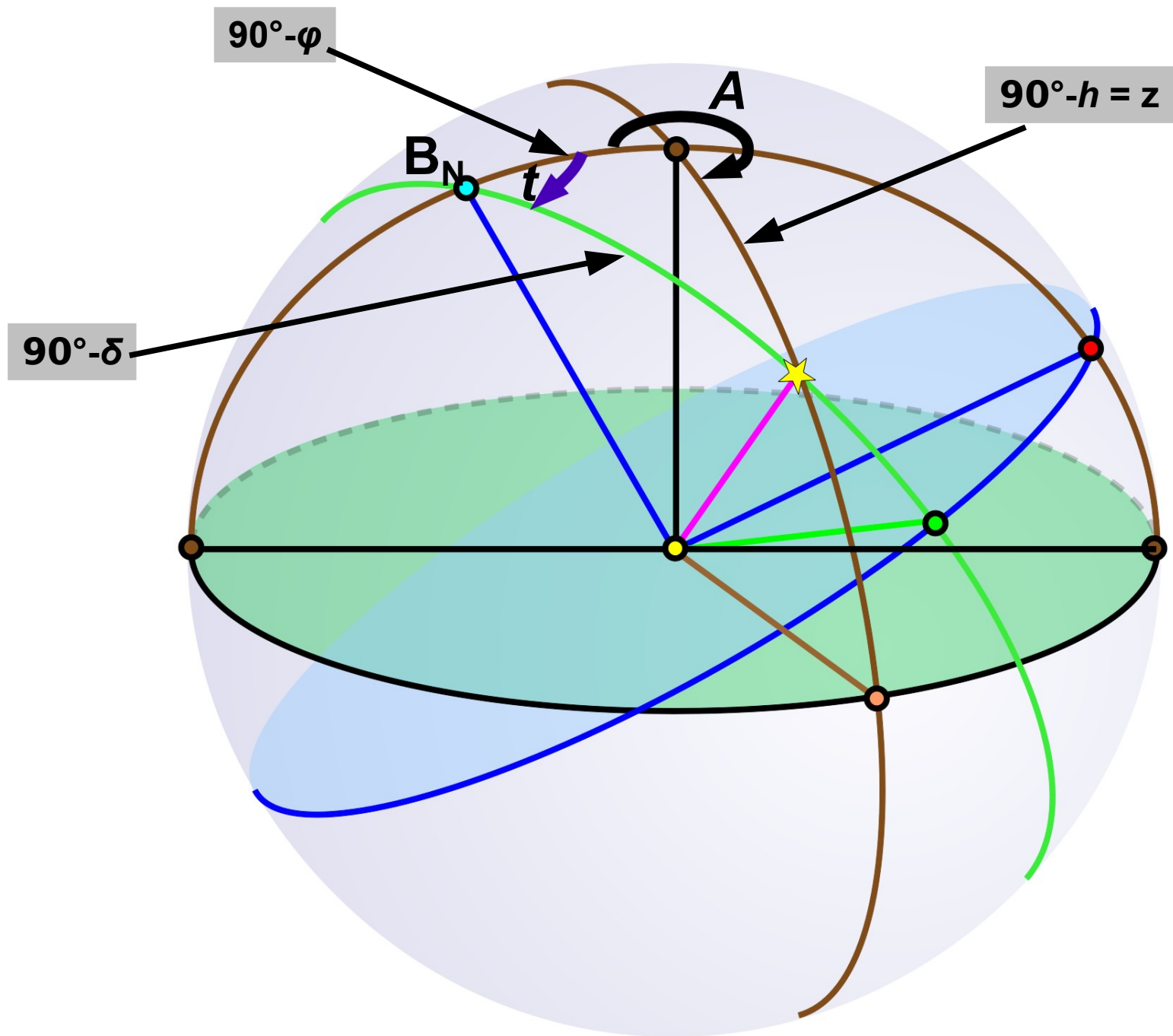


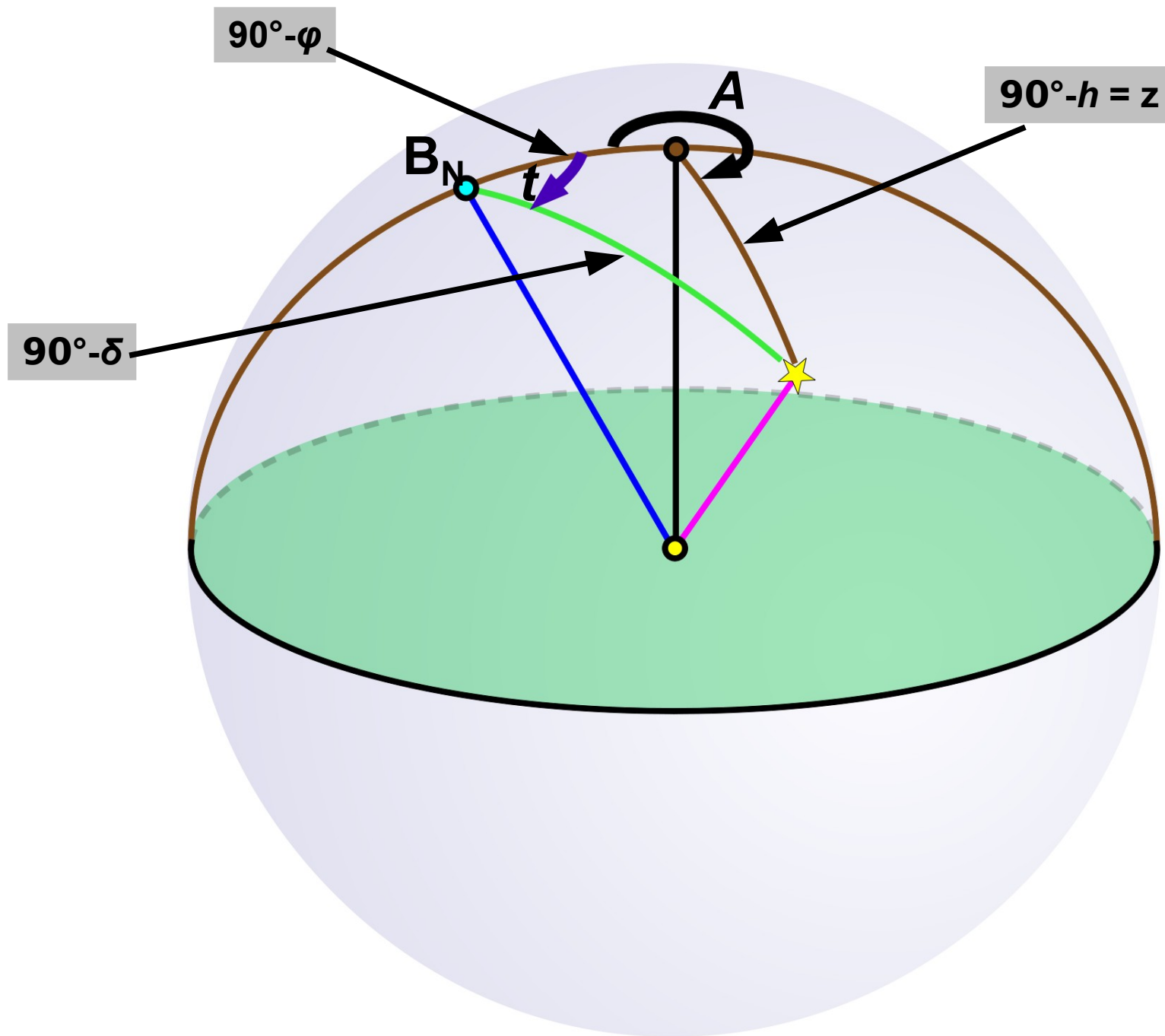


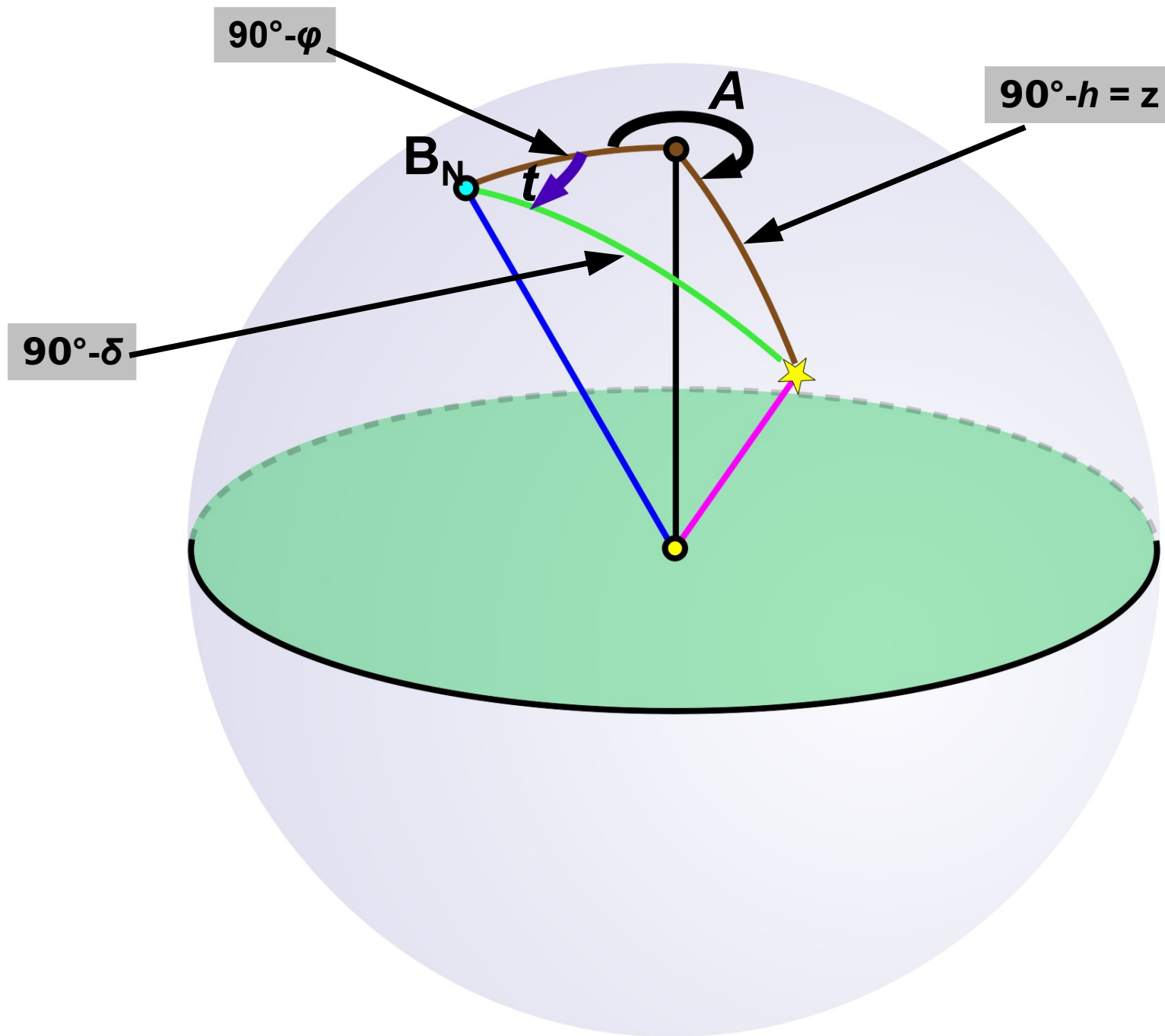


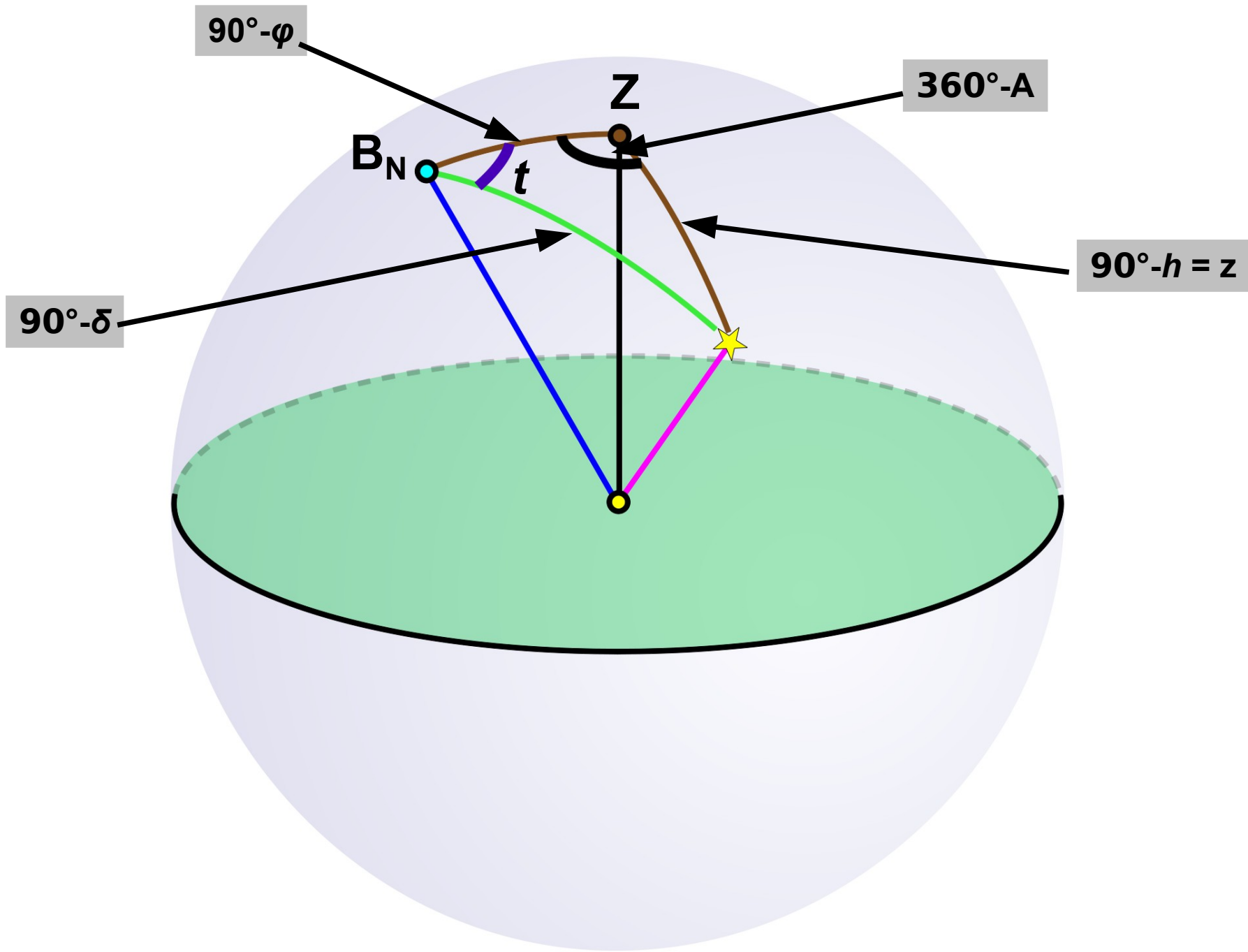


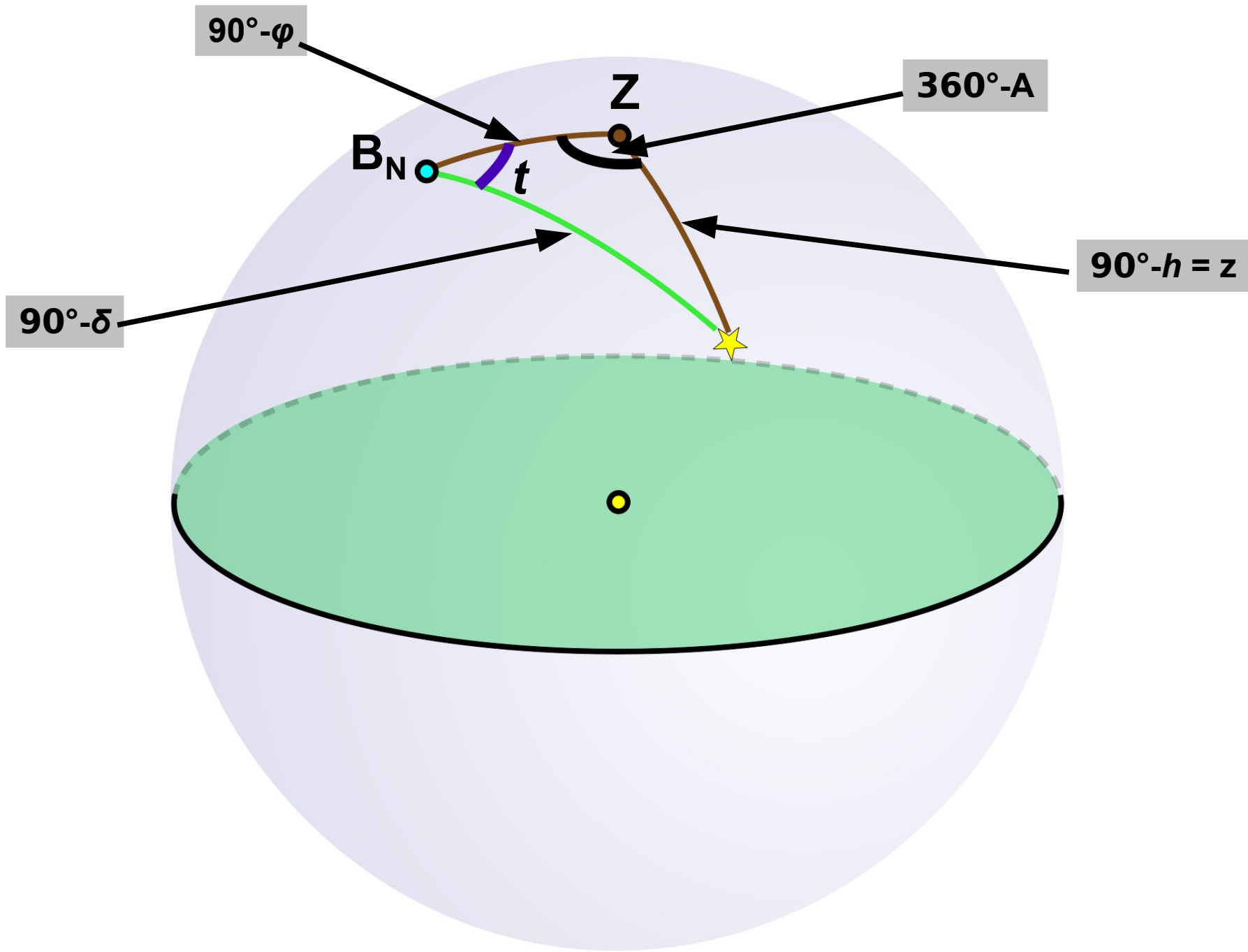


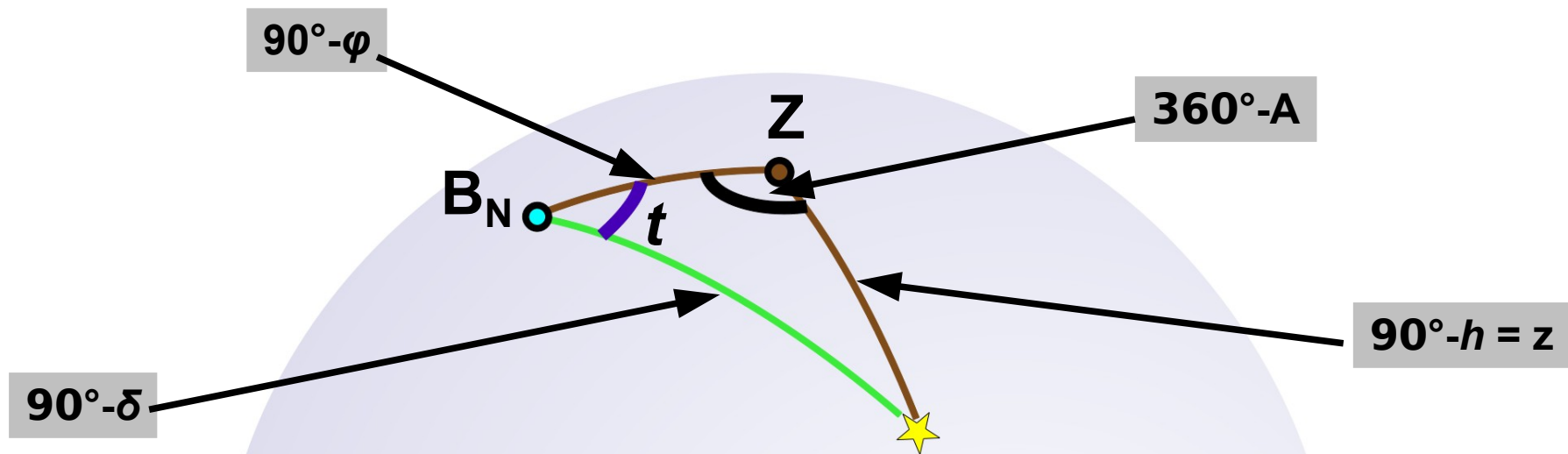








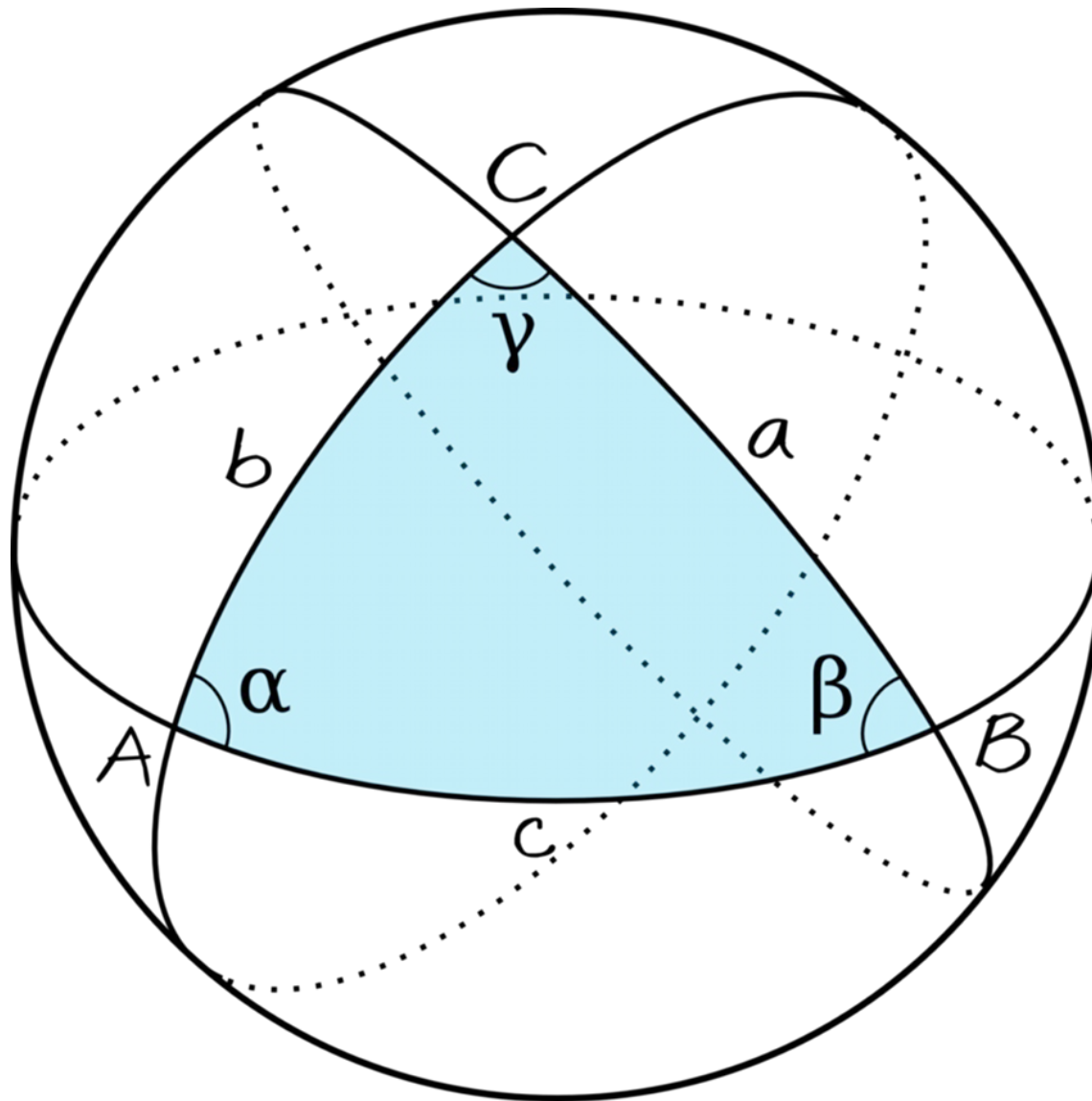




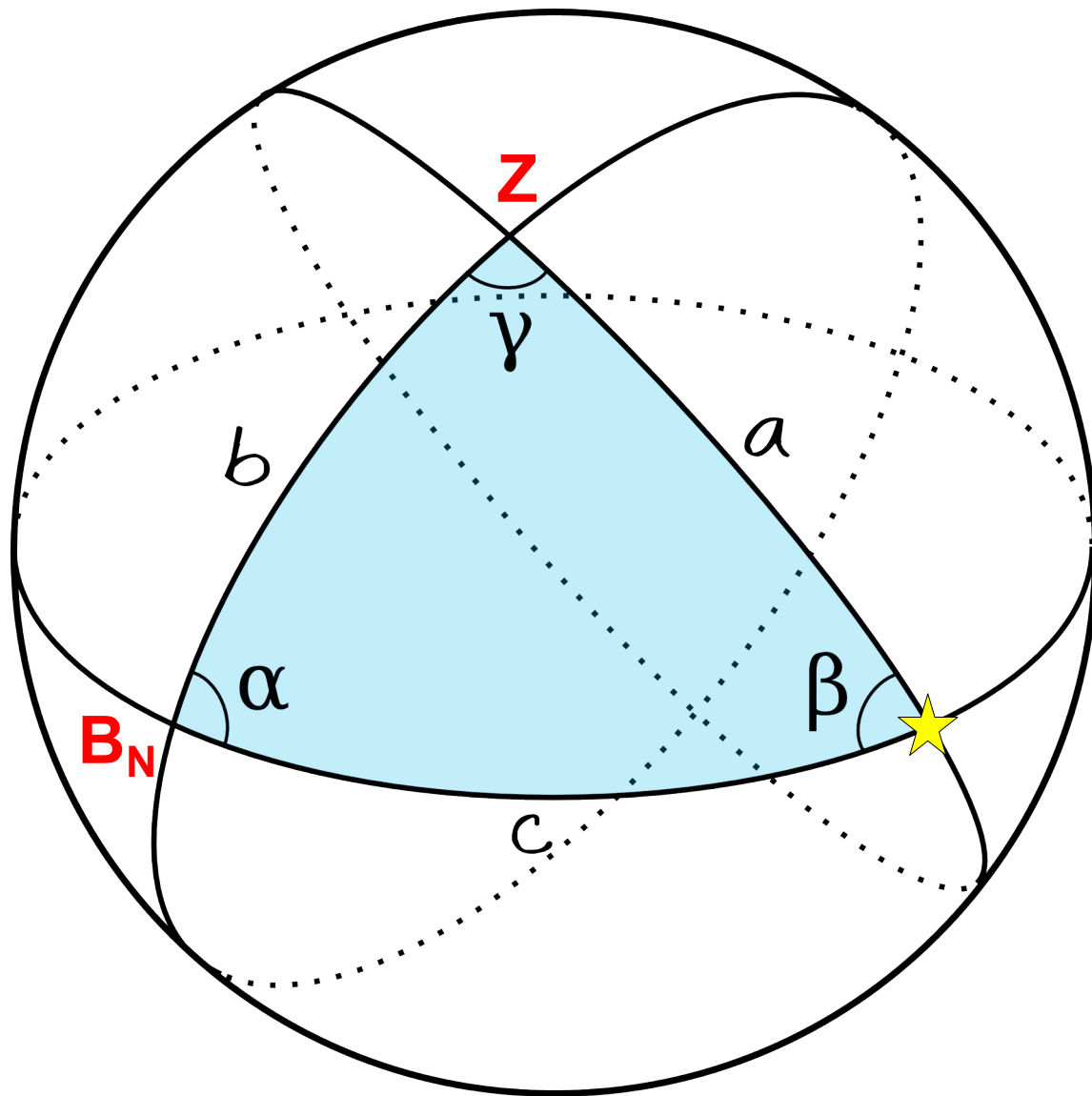
Trójkąt paralaktyczny

czyli związek między układem równikowym godzinny
a układem horyzontalnym

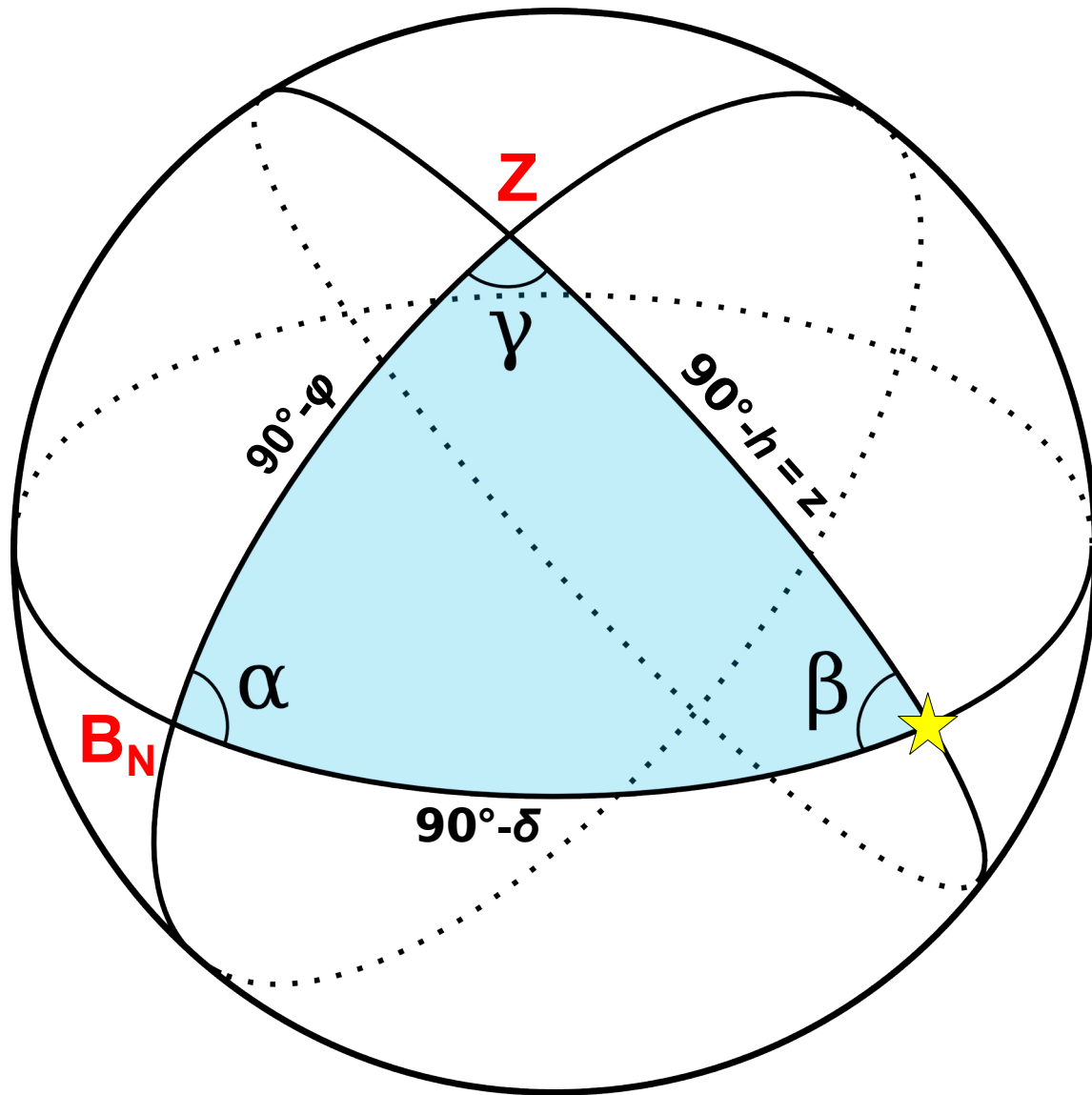
Trójkąt sferyczny



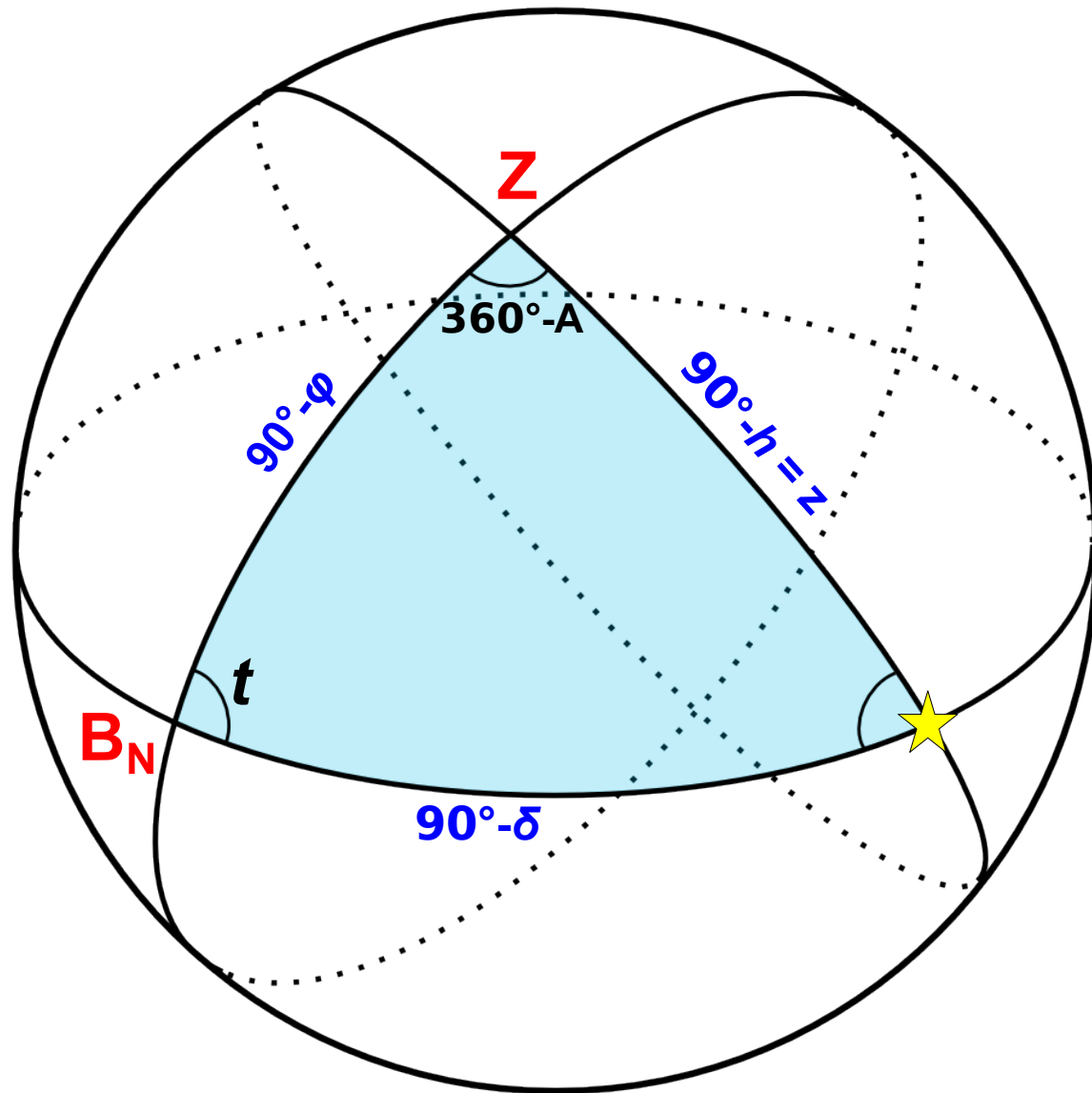
Trójkąt paralaktyczny



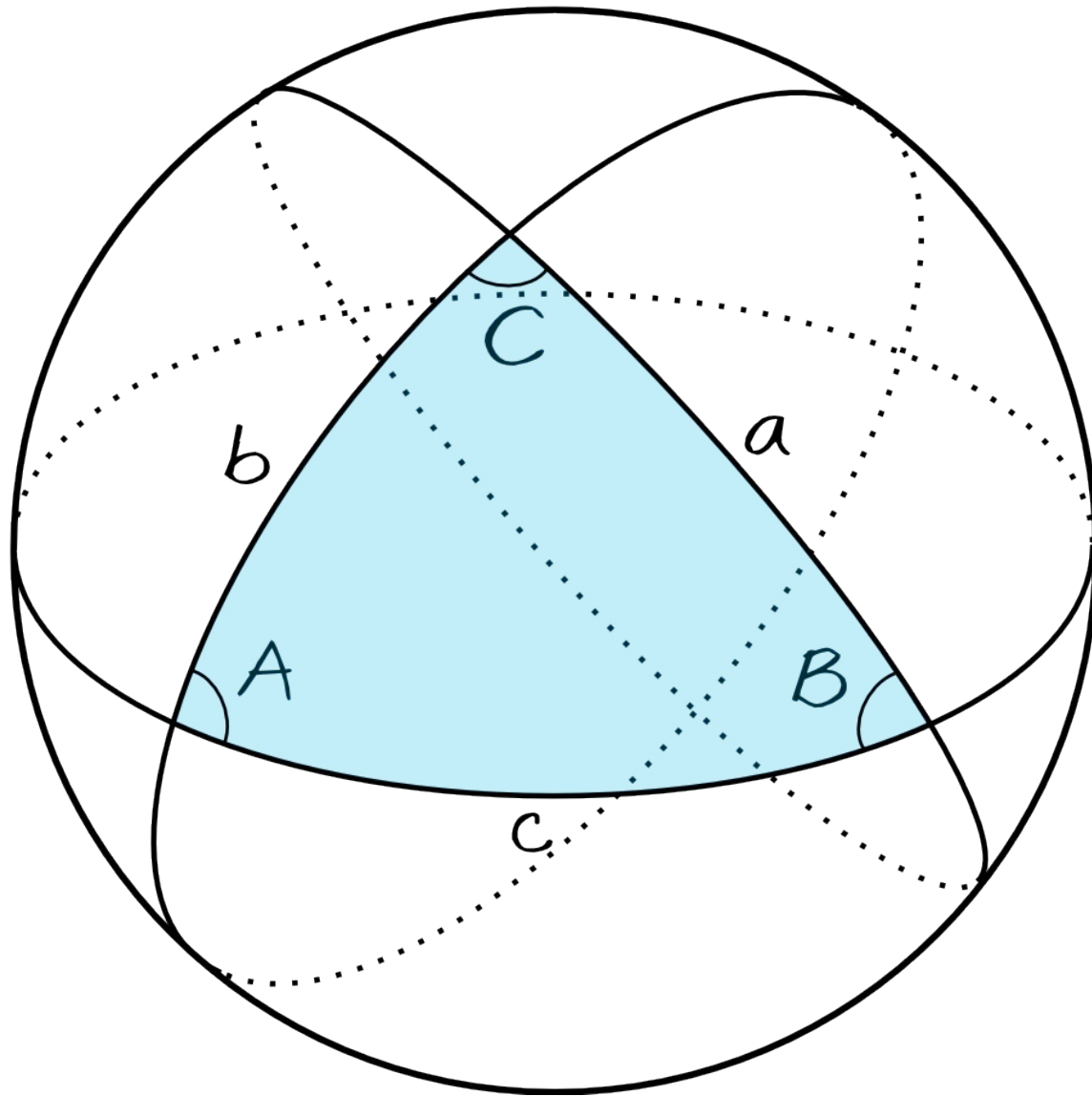
Trójkąt paralaktyczny



Trójkąt paralaktyczny

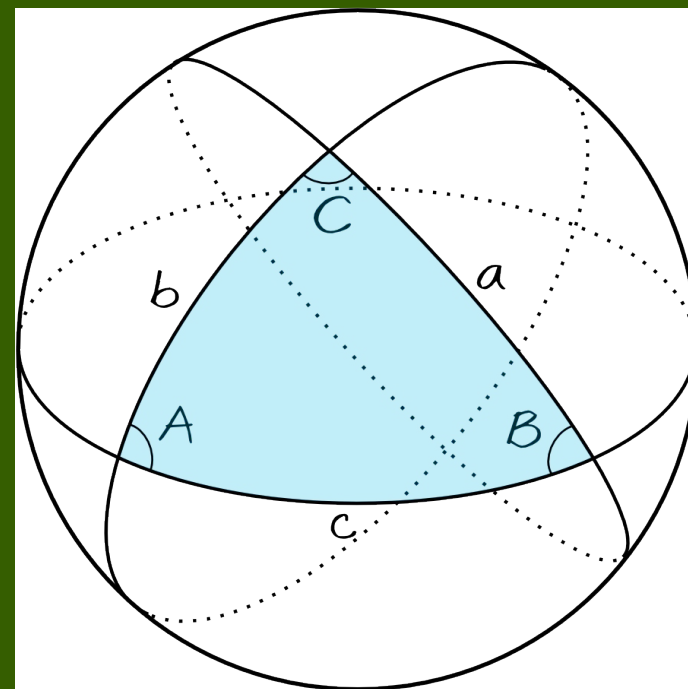


Trójkąt sferyczny



Trygonometria sferyczna

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$



$$\cos a = \cos b \cdot \cos c + \sin b \cdot \sin c \cdot \cos A$$

$$\cos b = \cos a \cdot \cos c + \sin a \cdot \sin c \cdot \cos B$$

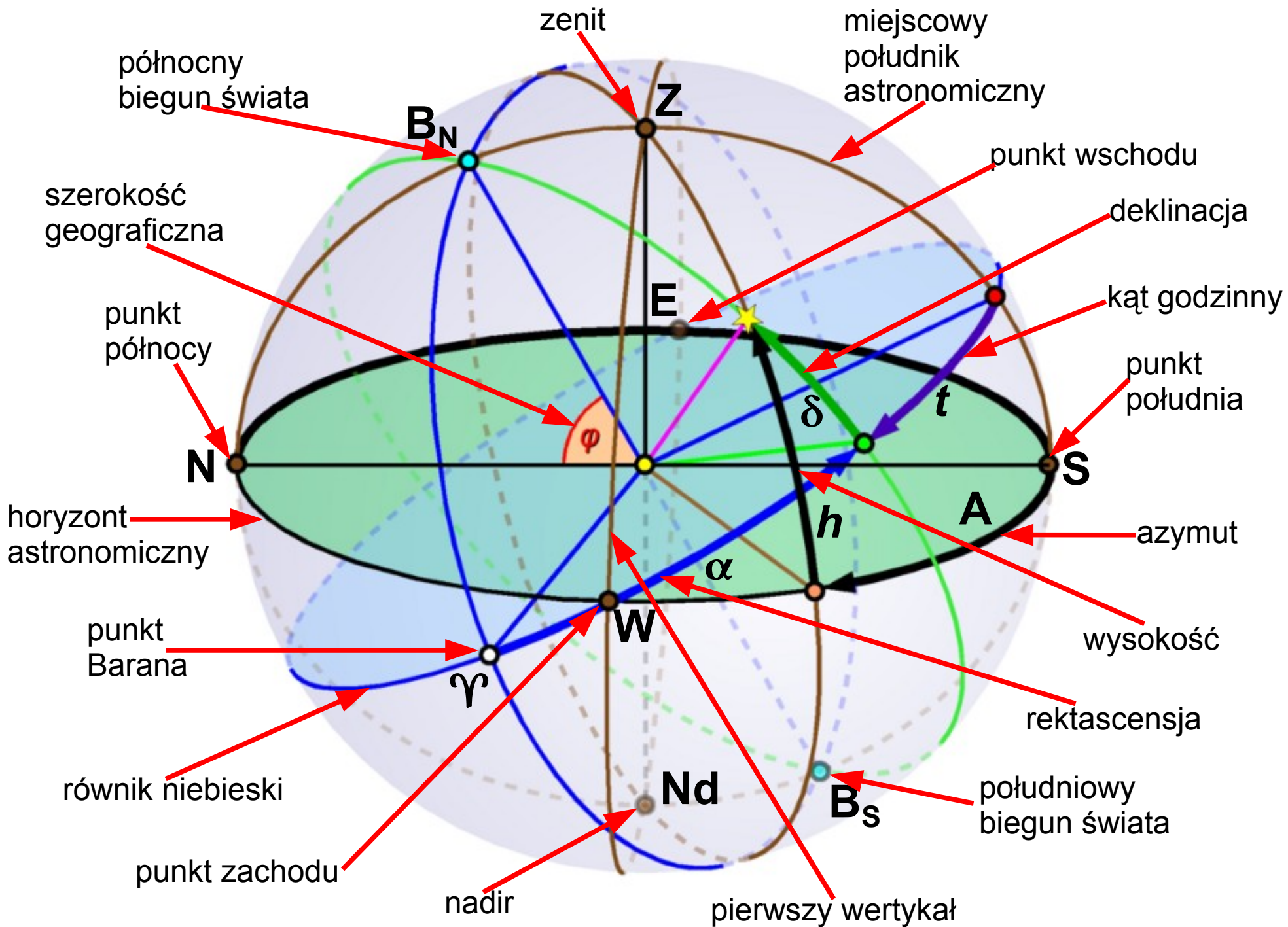
$$\cos c = \cos b \cdot \cos a + \sin b \cdot \sin a \cdot \cos C$$

$$\cos A = -\cos B \cdot \cos C + \sin B \cdot \sin C \cdot \cos a$$

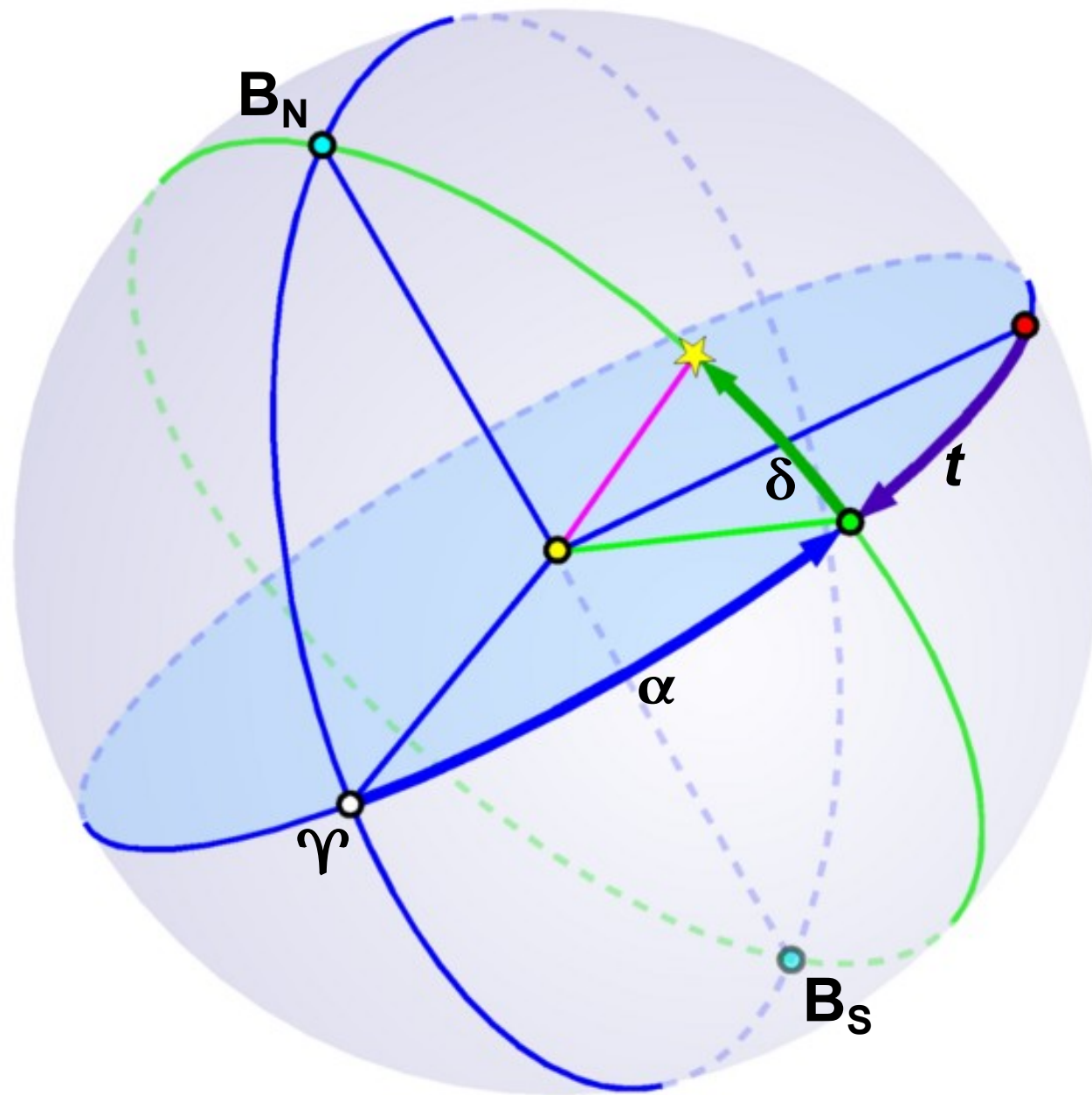
$$\cos B = -\cos A \cdot \cos C + \sin A \cdot \sin C \cdot \cos b$$

$$\cos C = -\cos B \cdot \cos A + \sin B \cdot \sin A \cdot \cos c$$

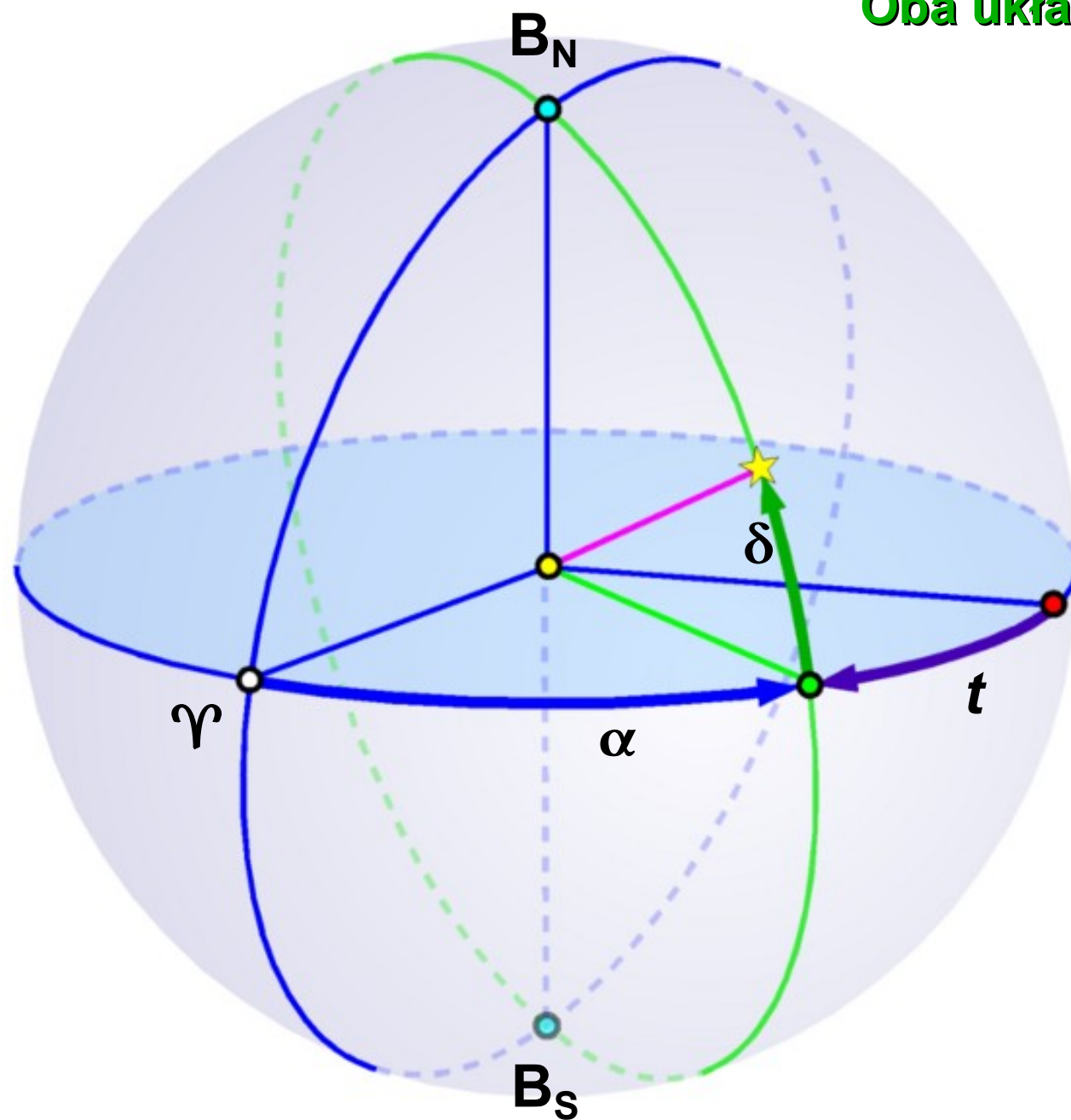
Oba układy równikowe oraz układ horyzontalny



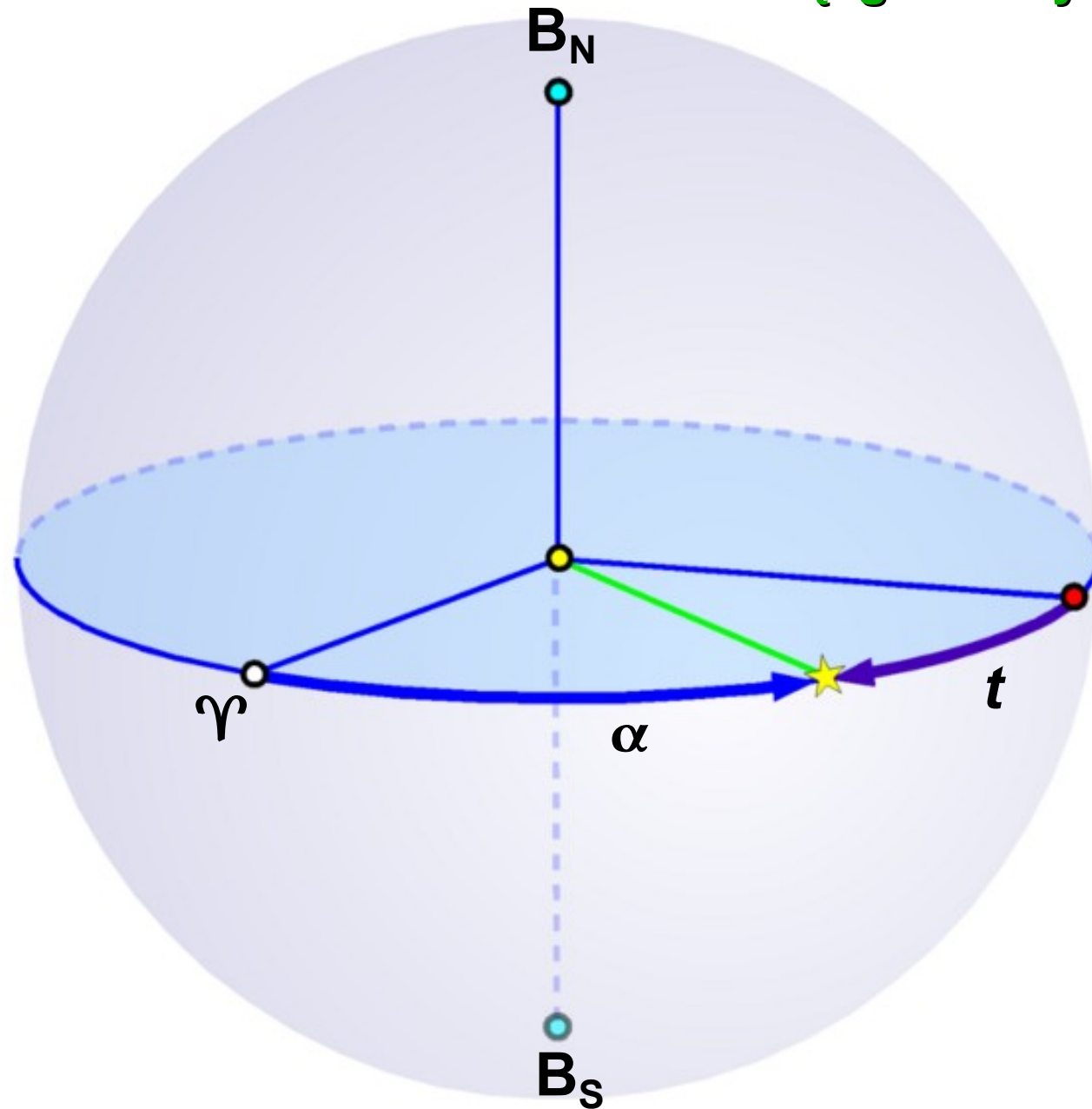
Oba układy równikowe



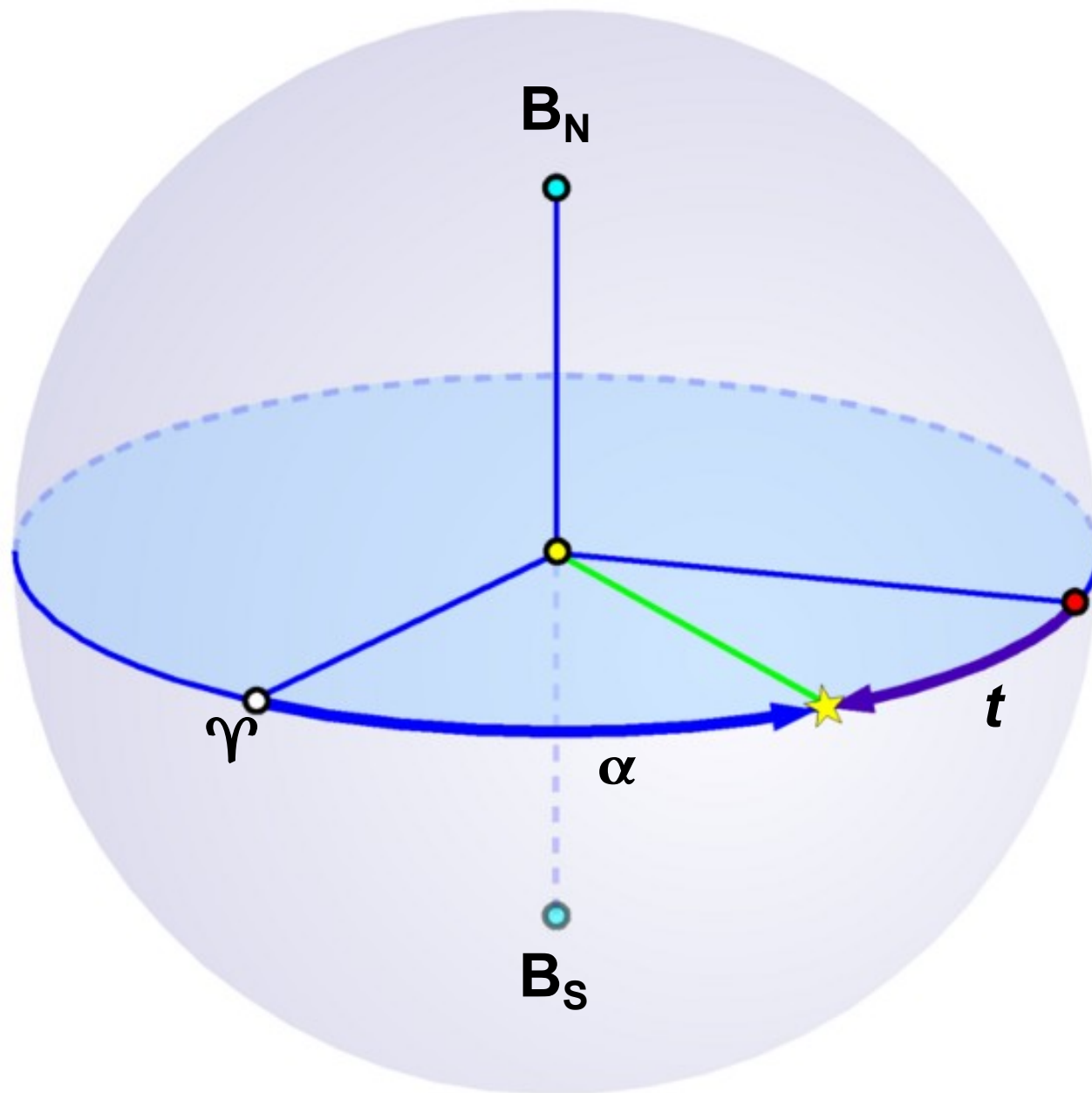
Oba układy równikowe



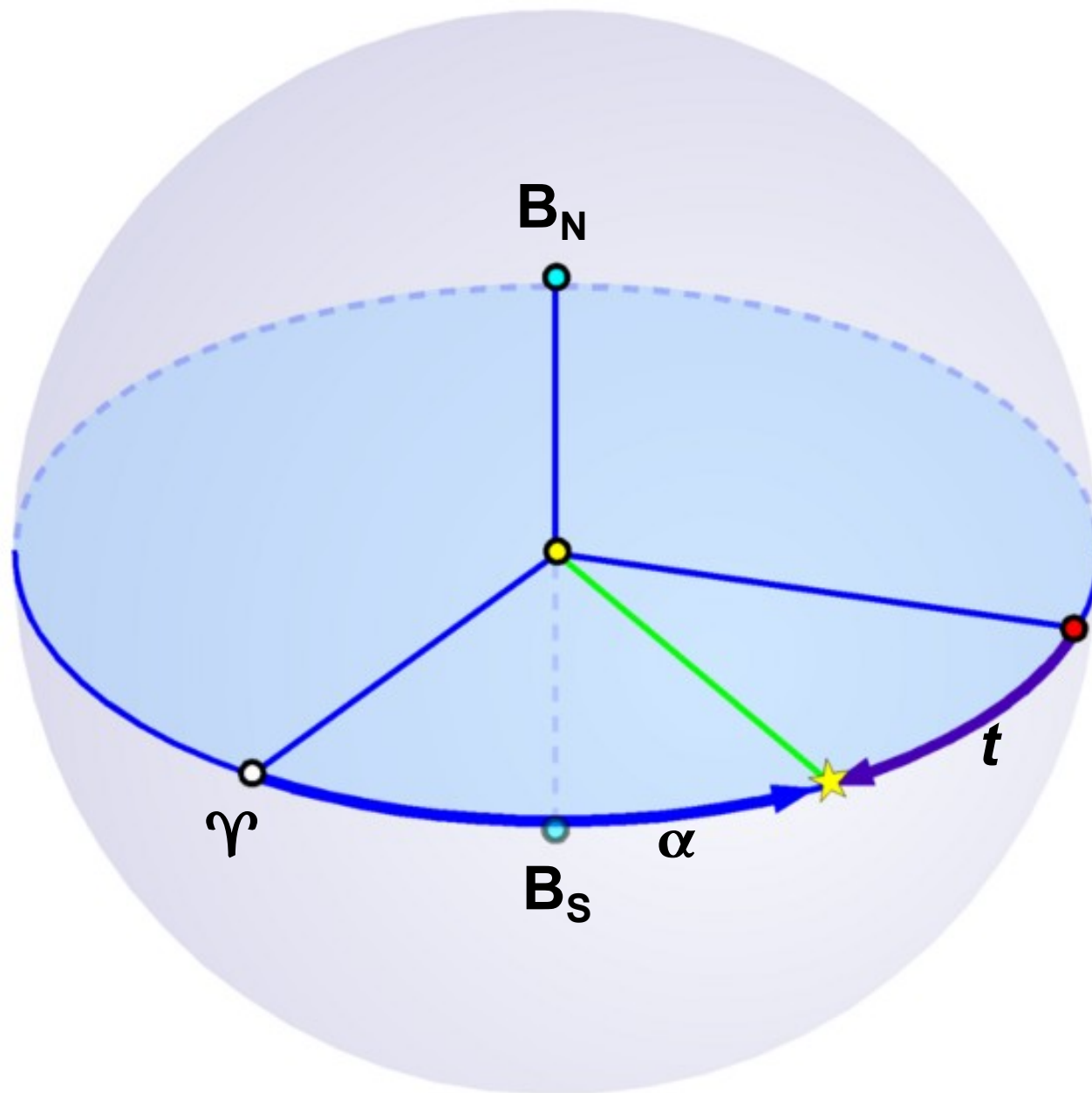
kąt godzinny i rektascensja



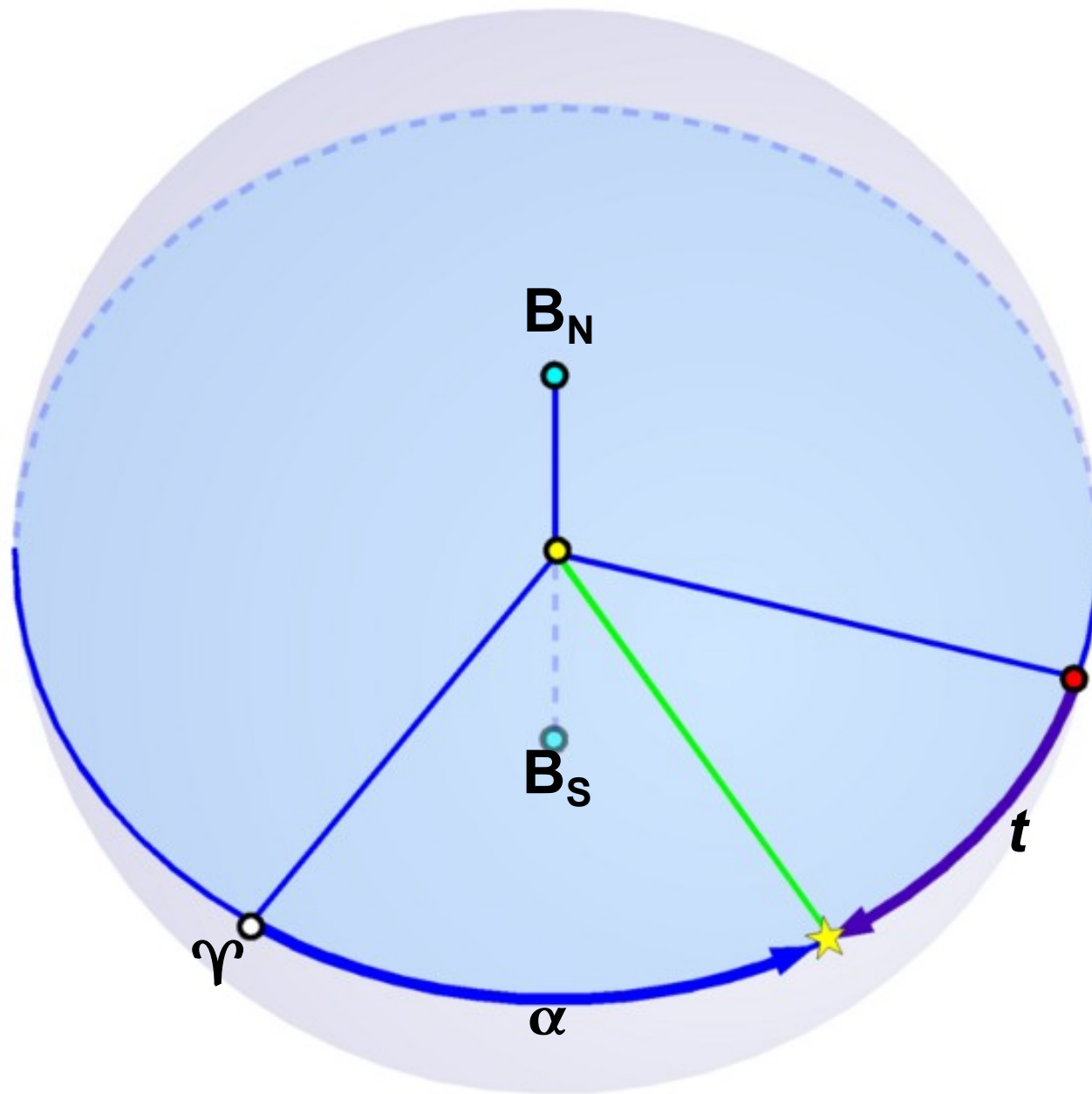
kąt godzinny i rektascensja



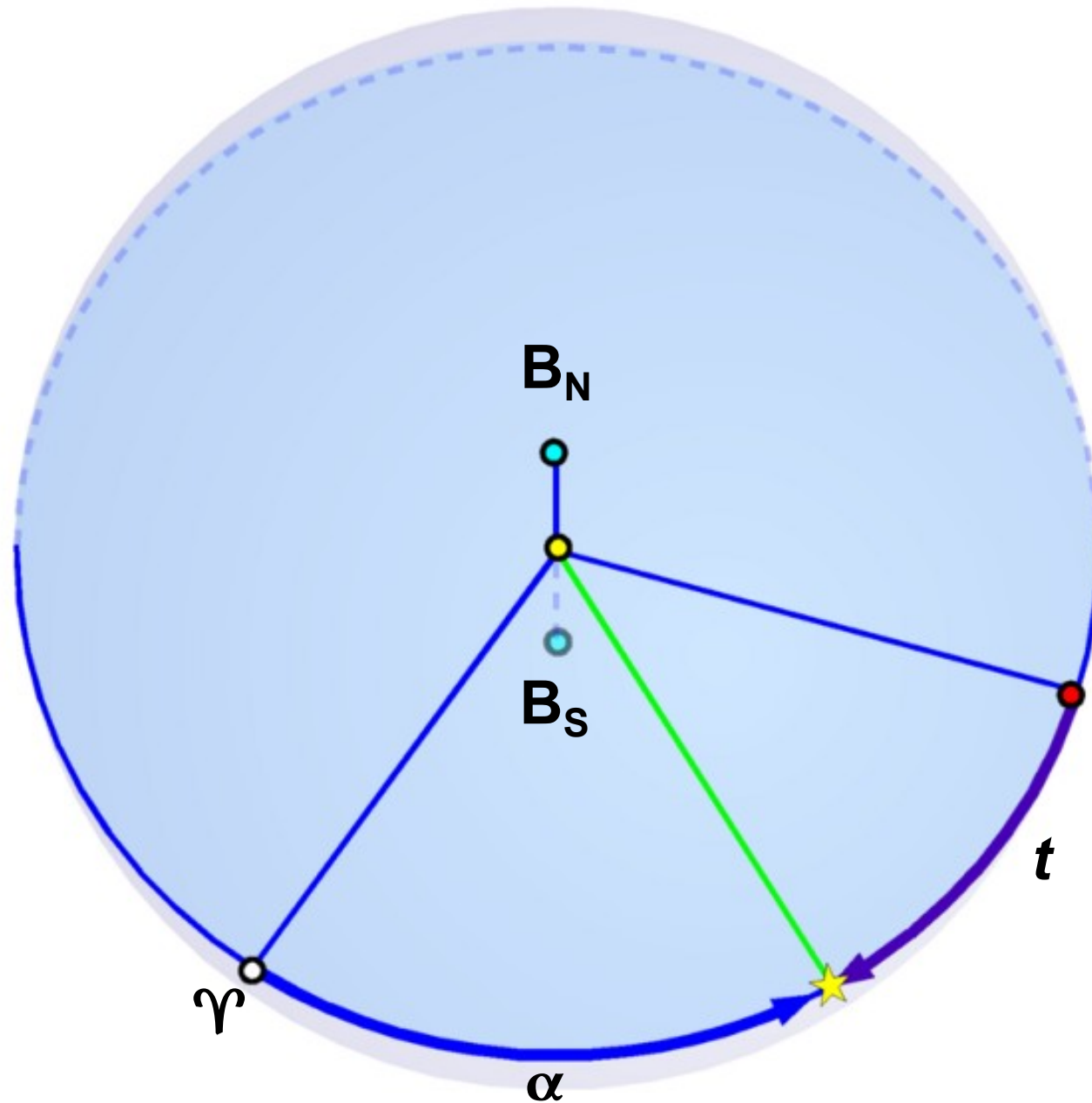
kąt godzinny i rektascensja



kąt godzinny i rektascensja

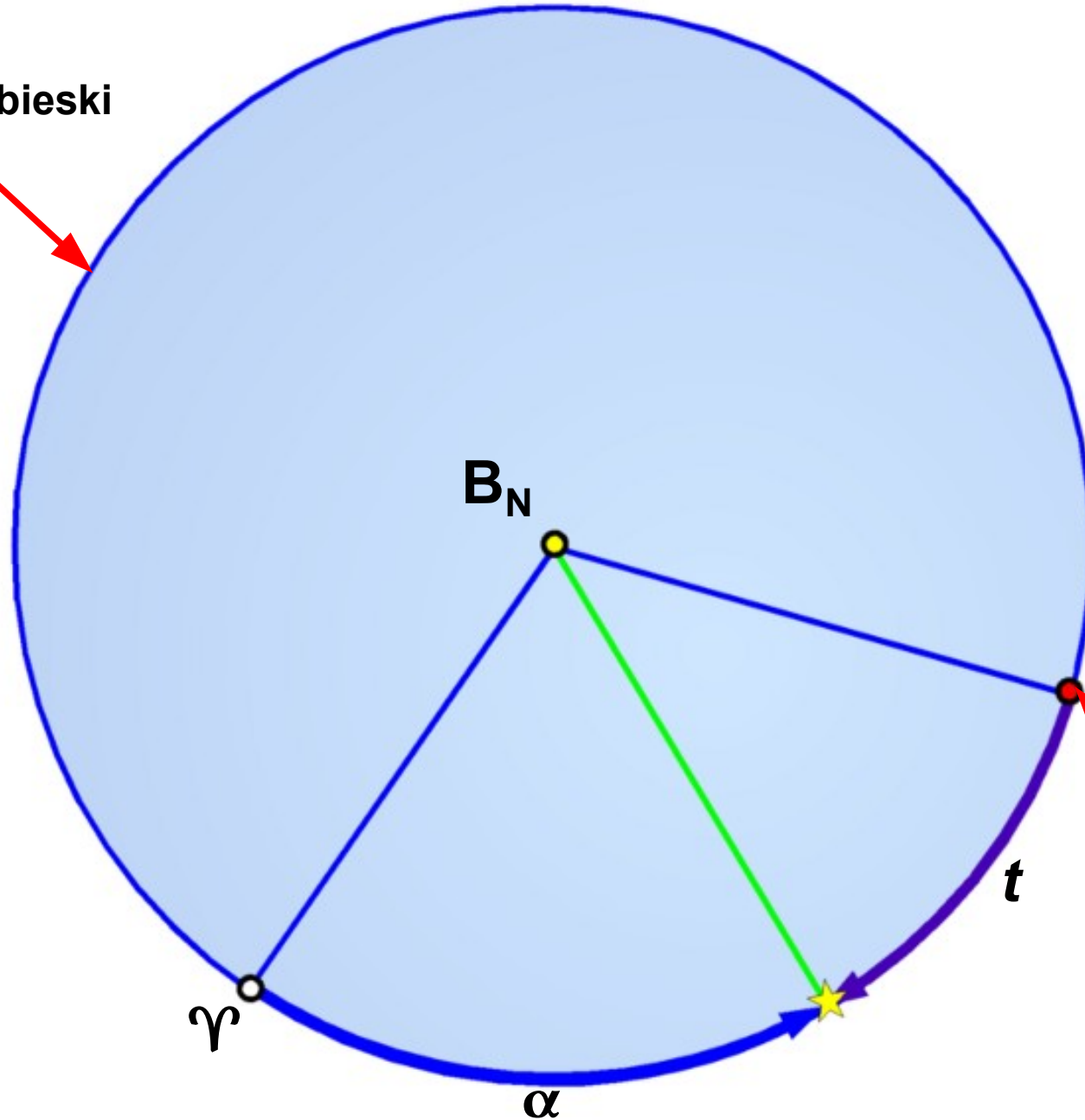
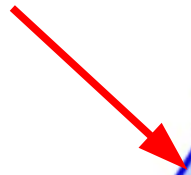


kąt godzinny i rektascensja



kąt godzinny i rektascensja

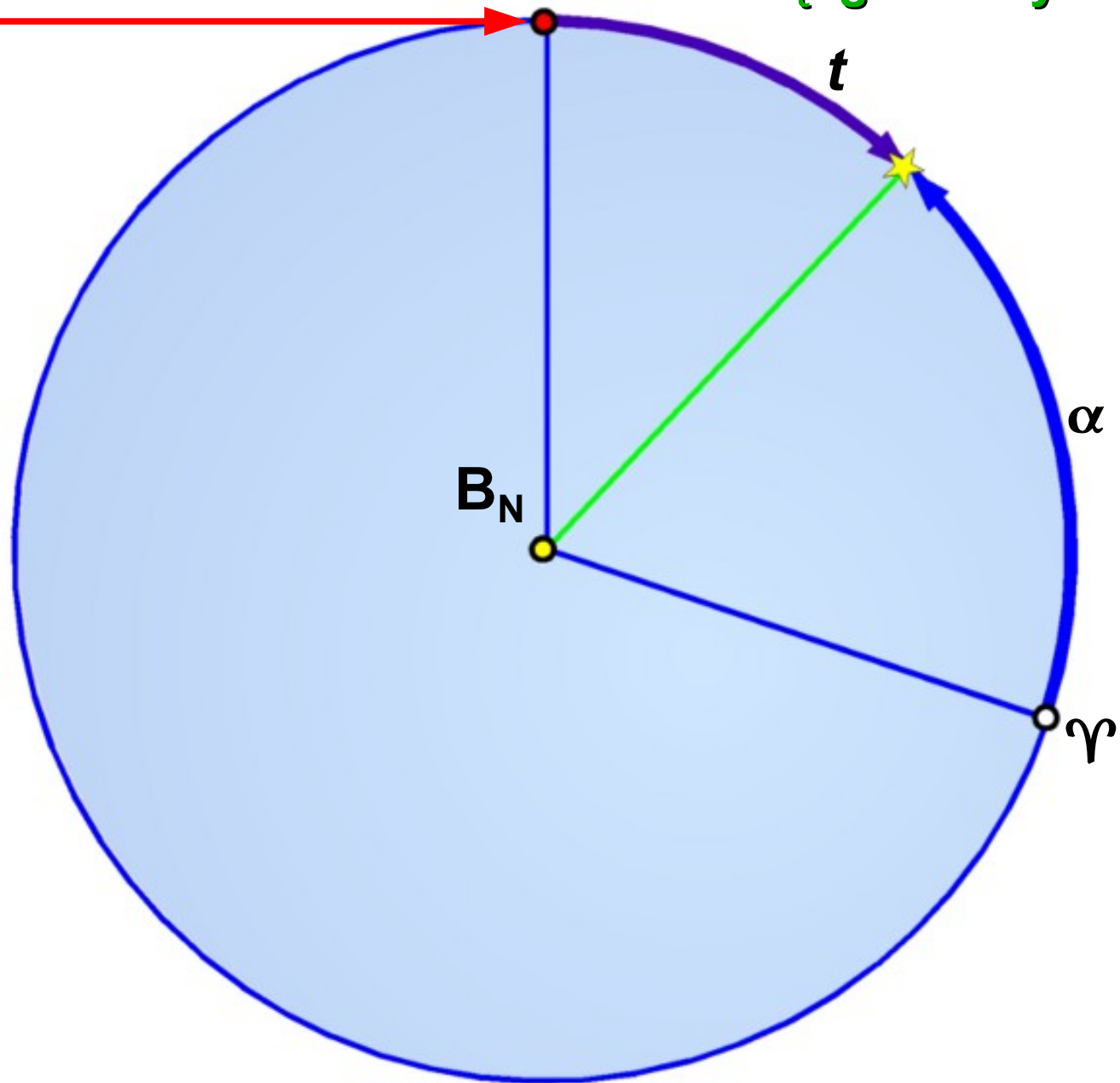
równik niebieski



punkt górowania na równiku

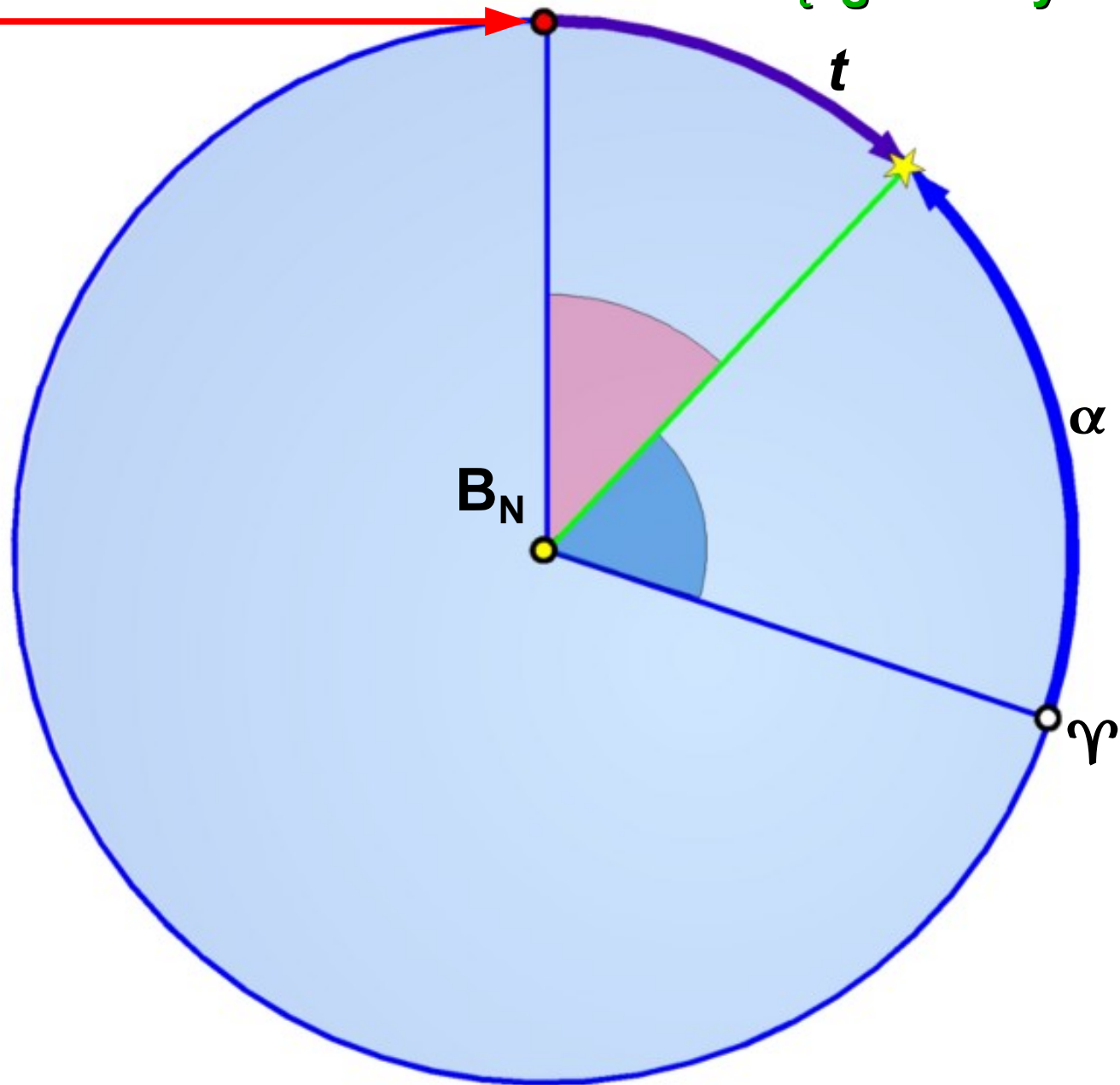
punkt
górowania
na równiku

kąt godzinny i rektascensja



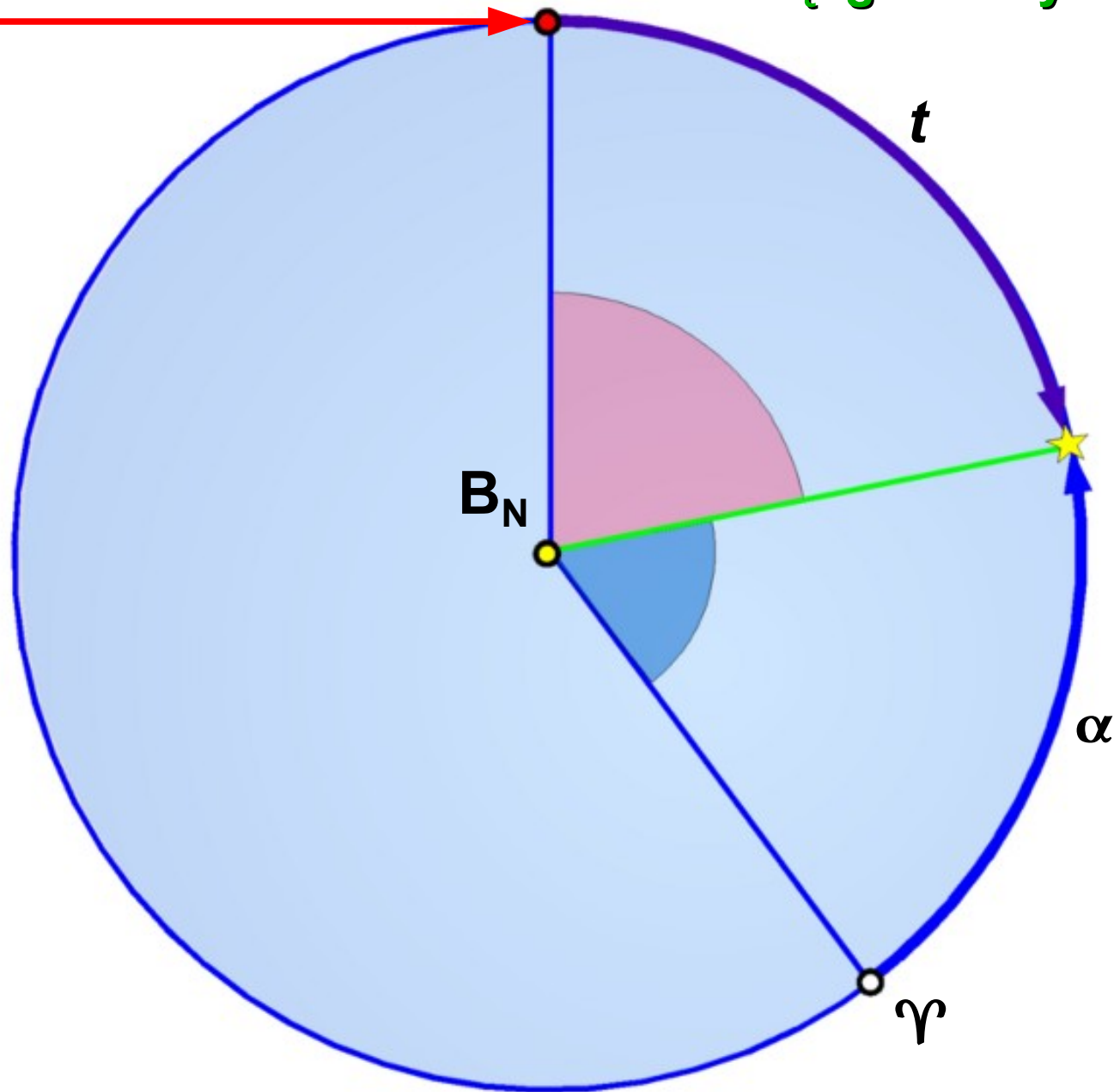
punkt
górowania
na równiku

kąt godzinny i rektascensja



punkt
górowania
na równiku

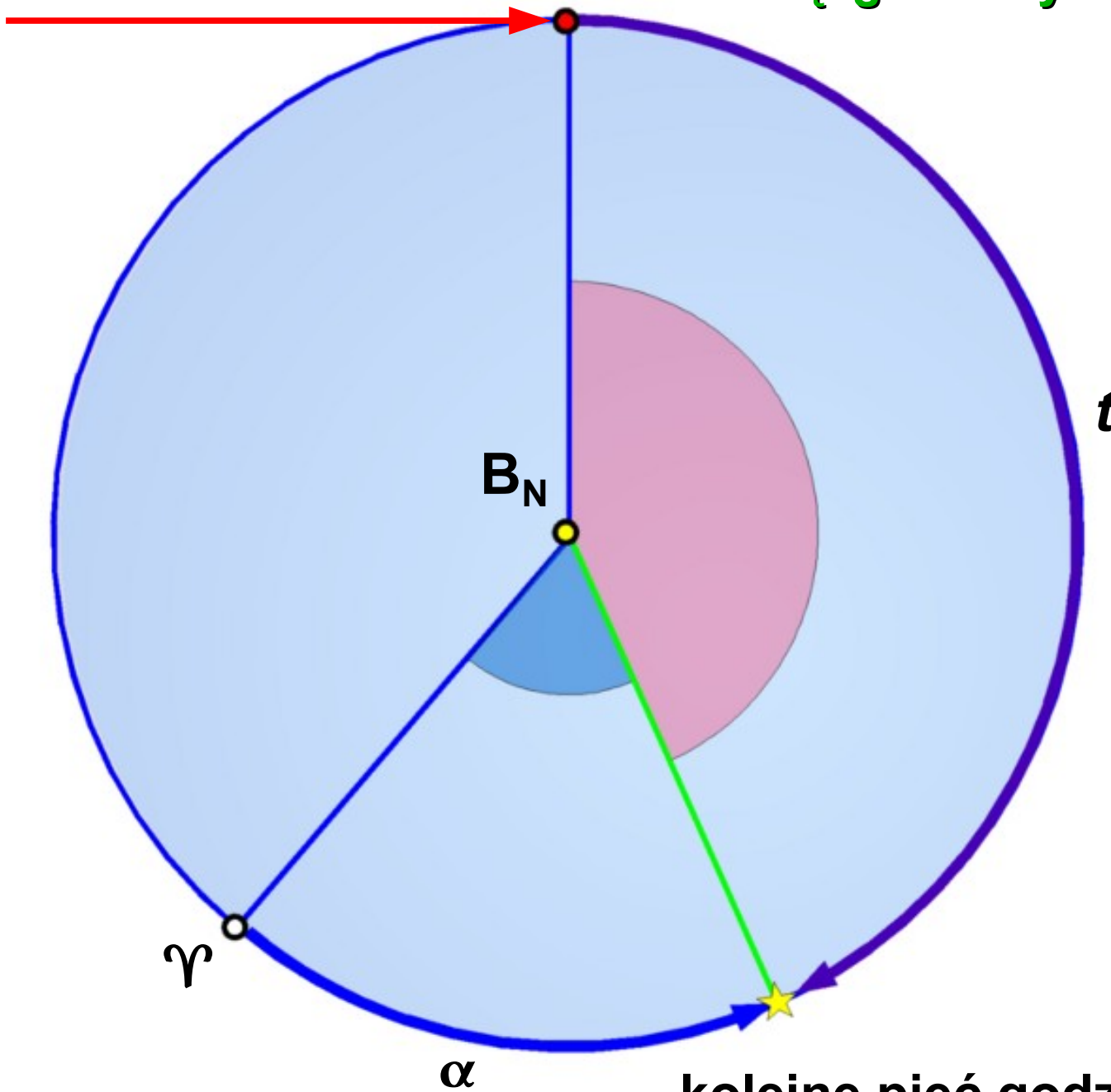
kąt godzinny i rektascensja



około dwie godziny później

punkt
górowania
na równiku

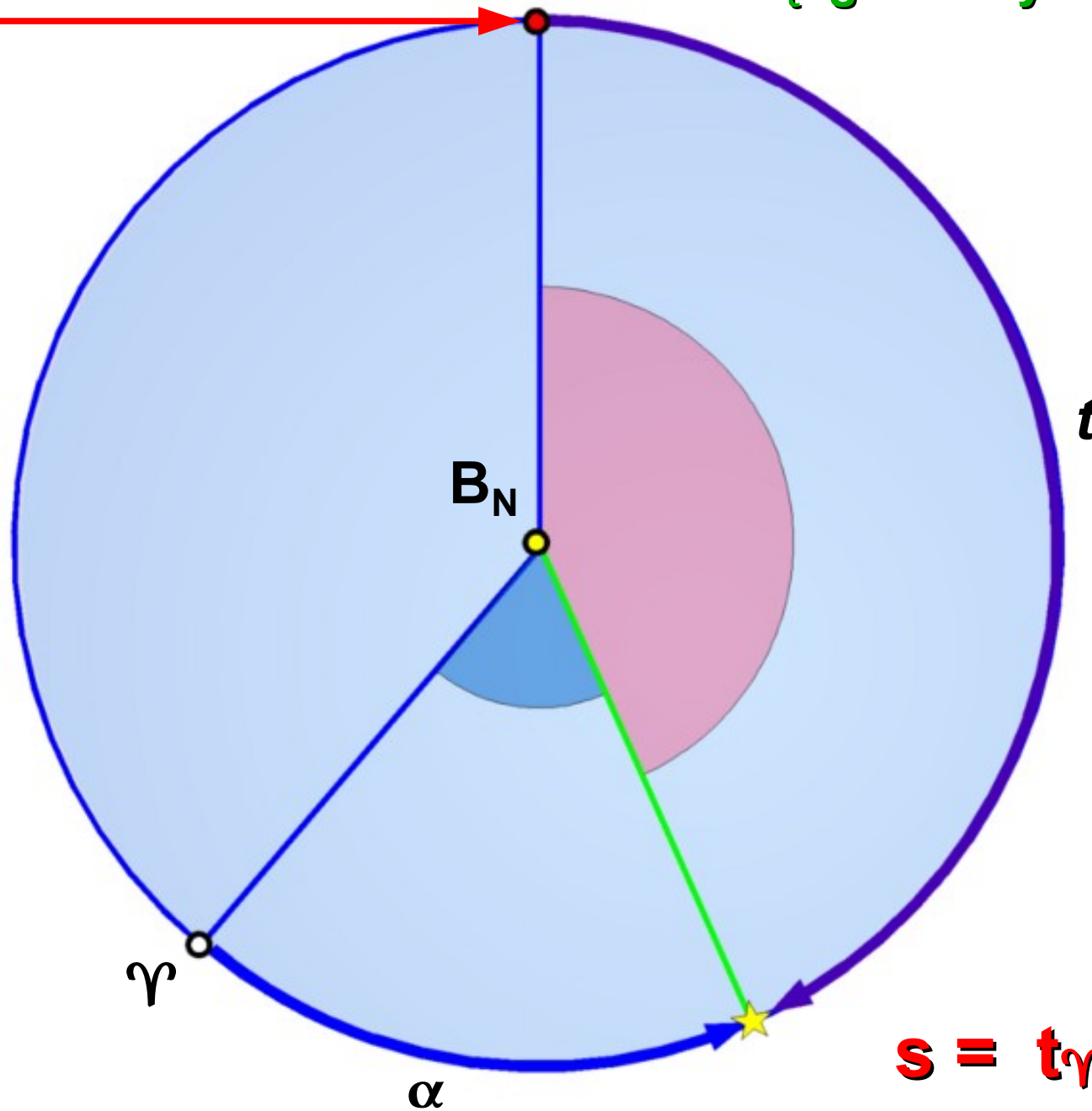
kąt godzinny i rektascensja



kolejne pięć godzin później

punkt
górowania
na równiku

kąt godzinny i rektascensja



$$s = t_{\gamma} = t^* + \alpha^*$$

***Zjawiska zmieniające
współrzędne ciał
niebieskich.***

Siły grawitacyjnego przyciągania wywierane przez Słońce na Ziemię usiłują ustawić równik Ziemi w płaszczyźnie ekliptyki, nachylonej w stosunku do równika pod kątem około 23° .

Wypadkowy ruch precesyjny osi obrotu Ziemi odbywa się wokół osi ekliptyki.

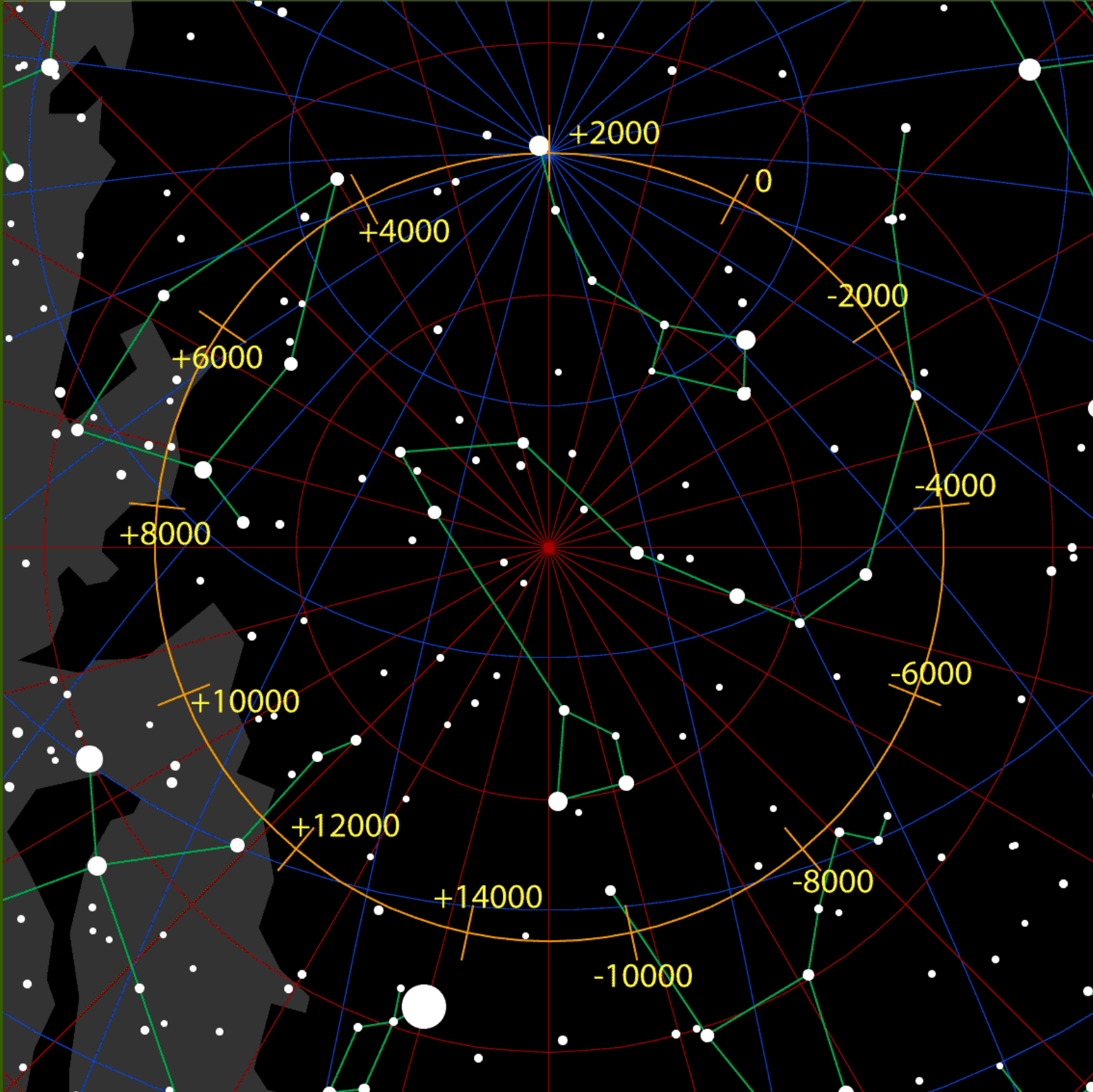
Jest on bardzo powolny, pełen obieg precesyjny osi Ziemi wokół osi ekliptyki trwa około 26000 lat.

W swoich skrajnych położeniach orbita Księżyca nachylona jest raz pod kątem $+5.9^\circ$, a po 9.3 latach, pod kątem -5.9° do ekliptyki.

Zmieniające się nachylenie orbity Księżyca powoduje tzw. nutację osi obrotu Ziemi. Jest to krótkookresowy, sinusoidalny ruch o amplitudzie ok. $9''$, nałożony na ruch precesyjny.

Punkt Barana, wskutek precesji, cofa się po ekliptyce z prędkością około 50" rocznie i pełnego obiegu ekliptyki dokonuje raz na 26 tysięcy lat.

Od punktu Barana liczymy rektascensję, a więc precesja i nutacja zmieniają współrzędne równikowe obiektów na sferze niebieskiej.



Rysunek:
Tau'olunga

Odległości w astronomii



Jednostka astronomiczna (AU)

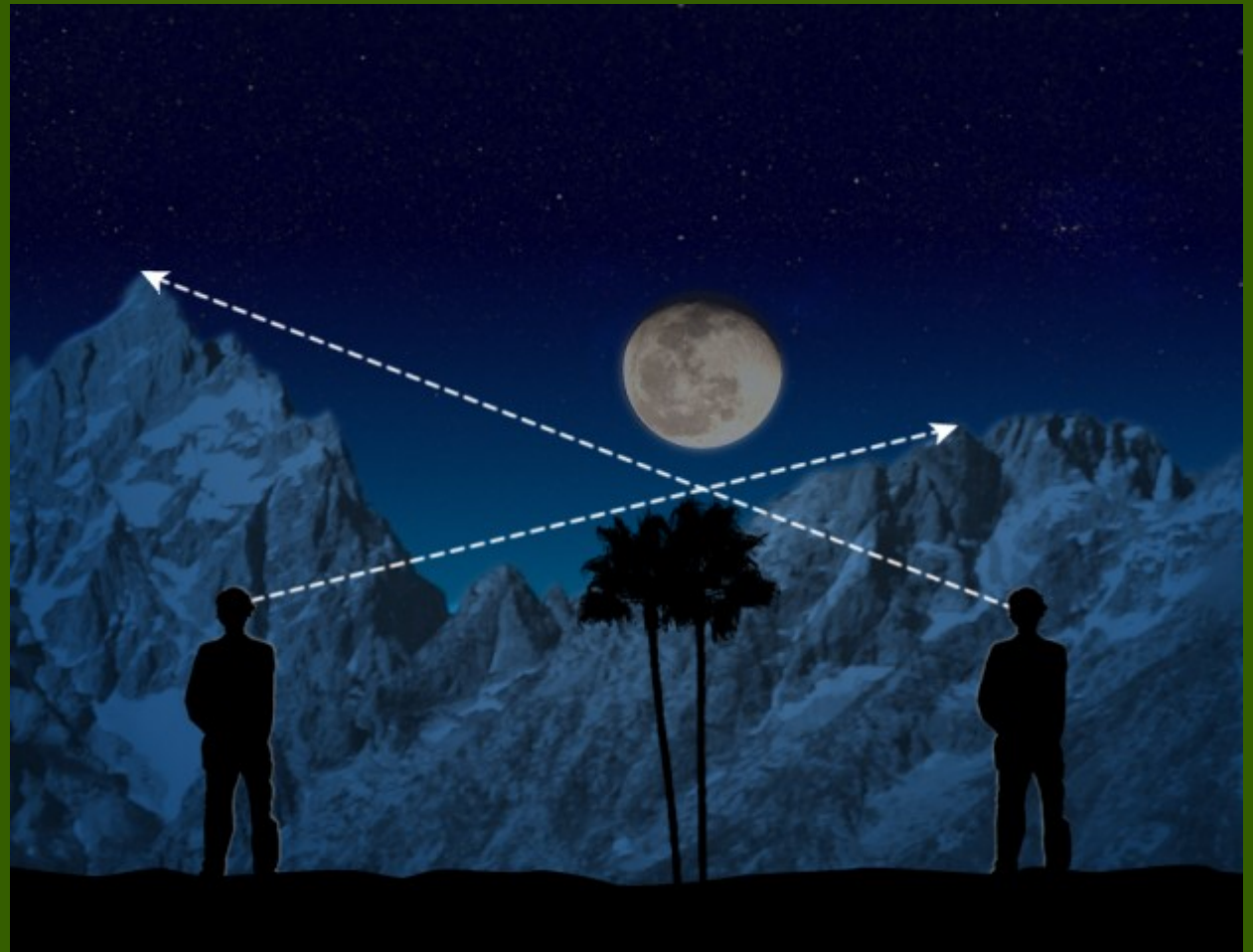
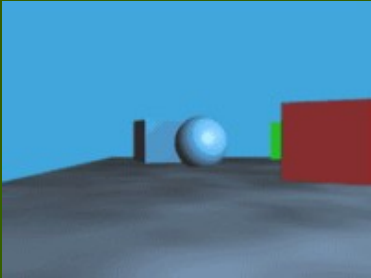




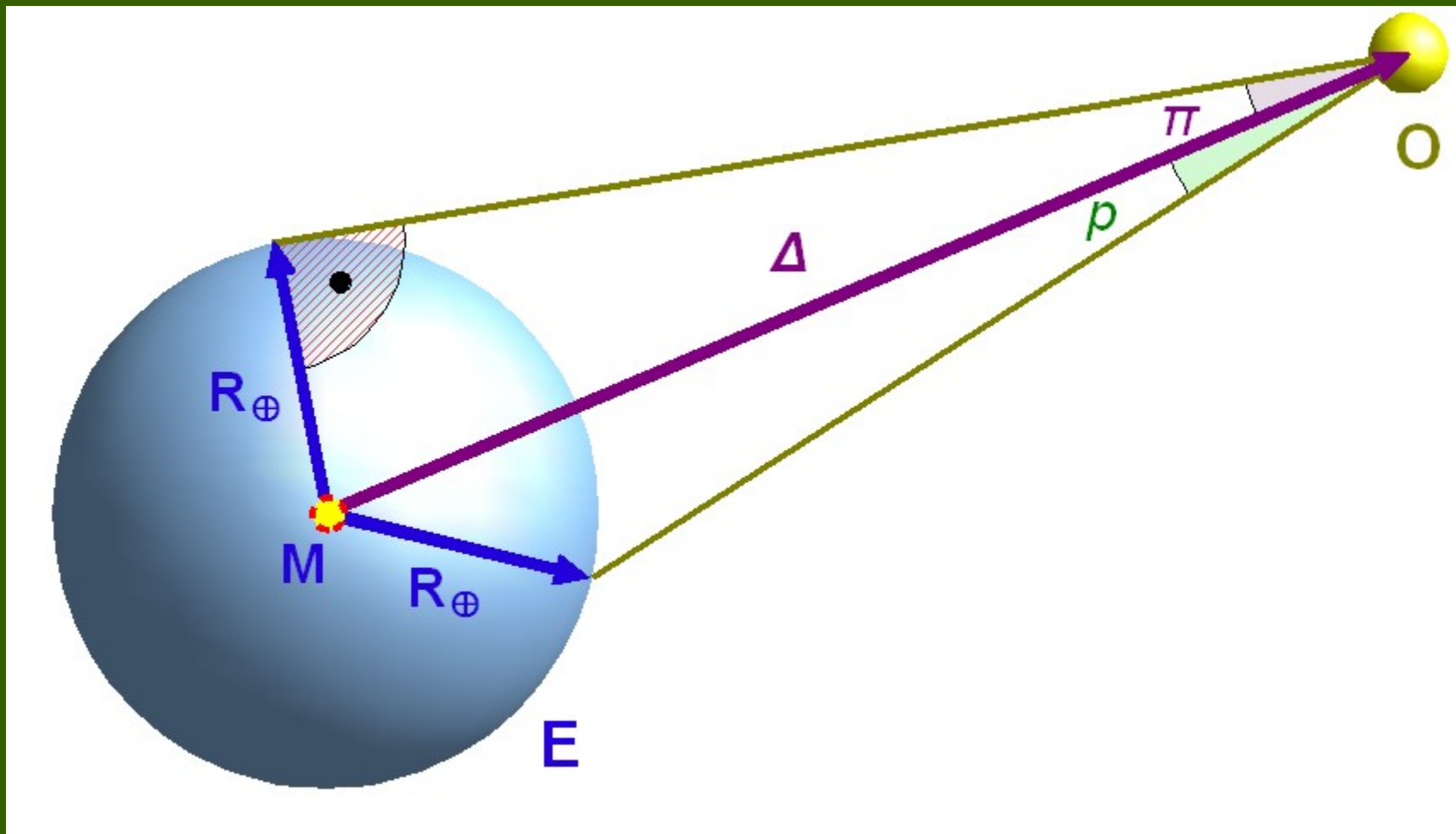
średnica orbity Neptuna:

60 AU
 9×10^{12} m

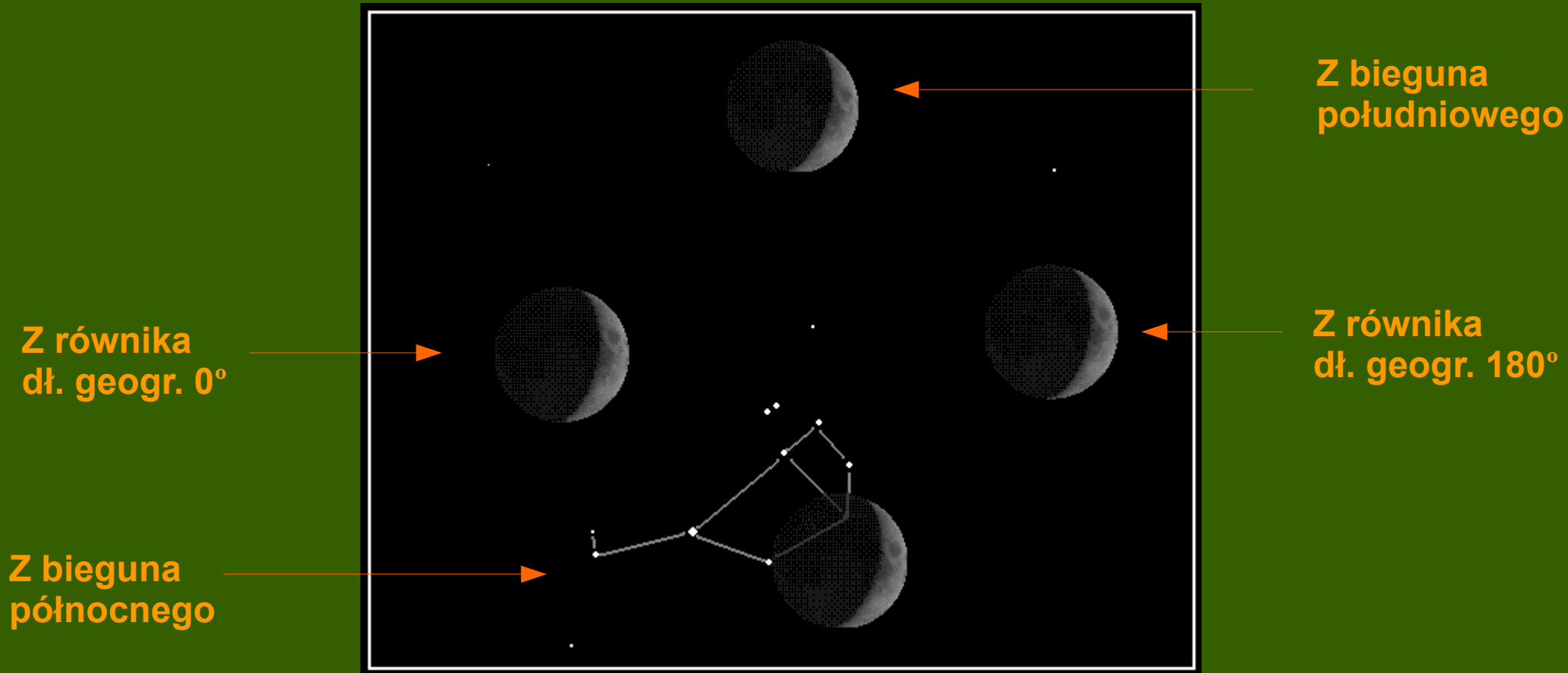
Paralaksa



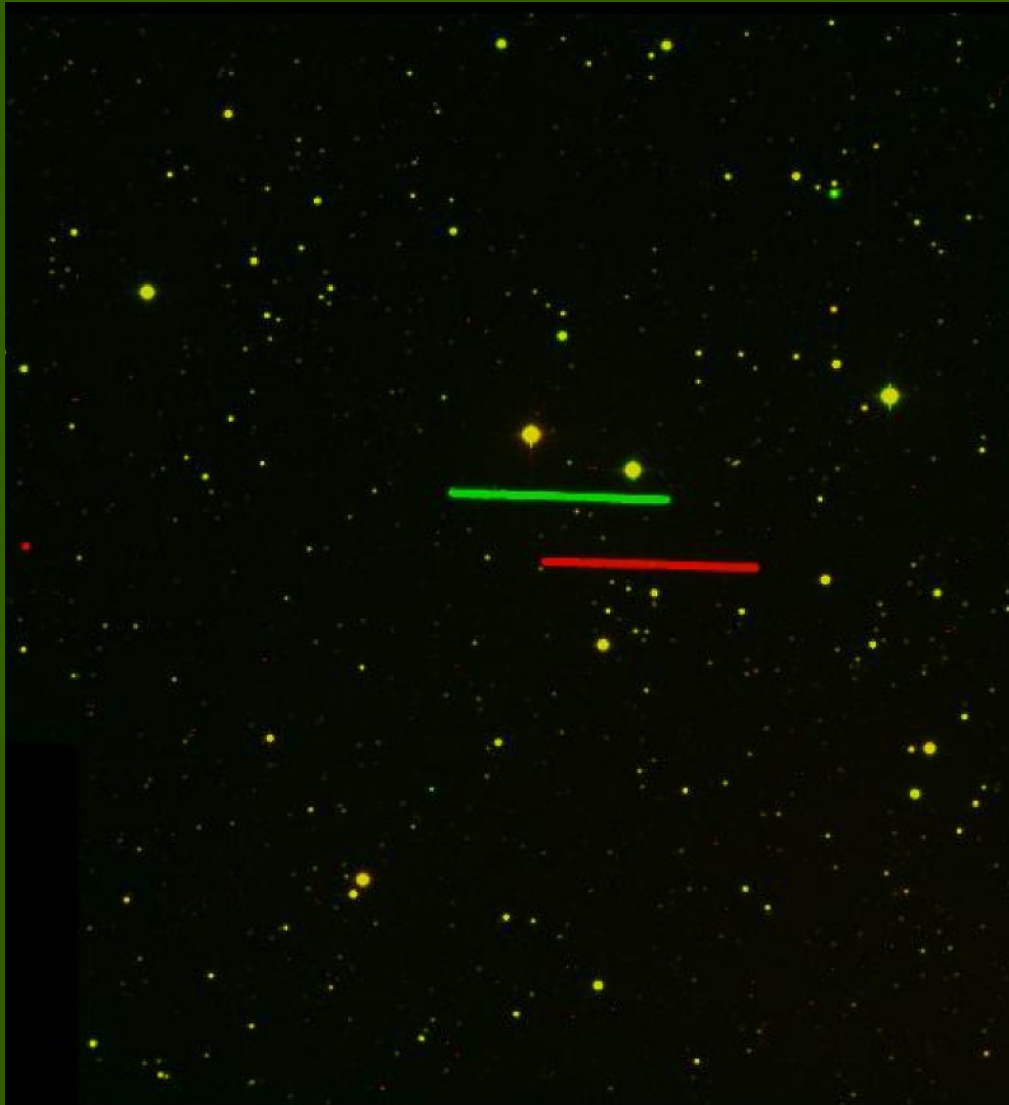
Paralaksa dobowa



Paralaksa dobowa



Pozycja Księżyca blisko Plejad z czterech miejsc na Ziemi,
22 marca 1988, 10:42 UT



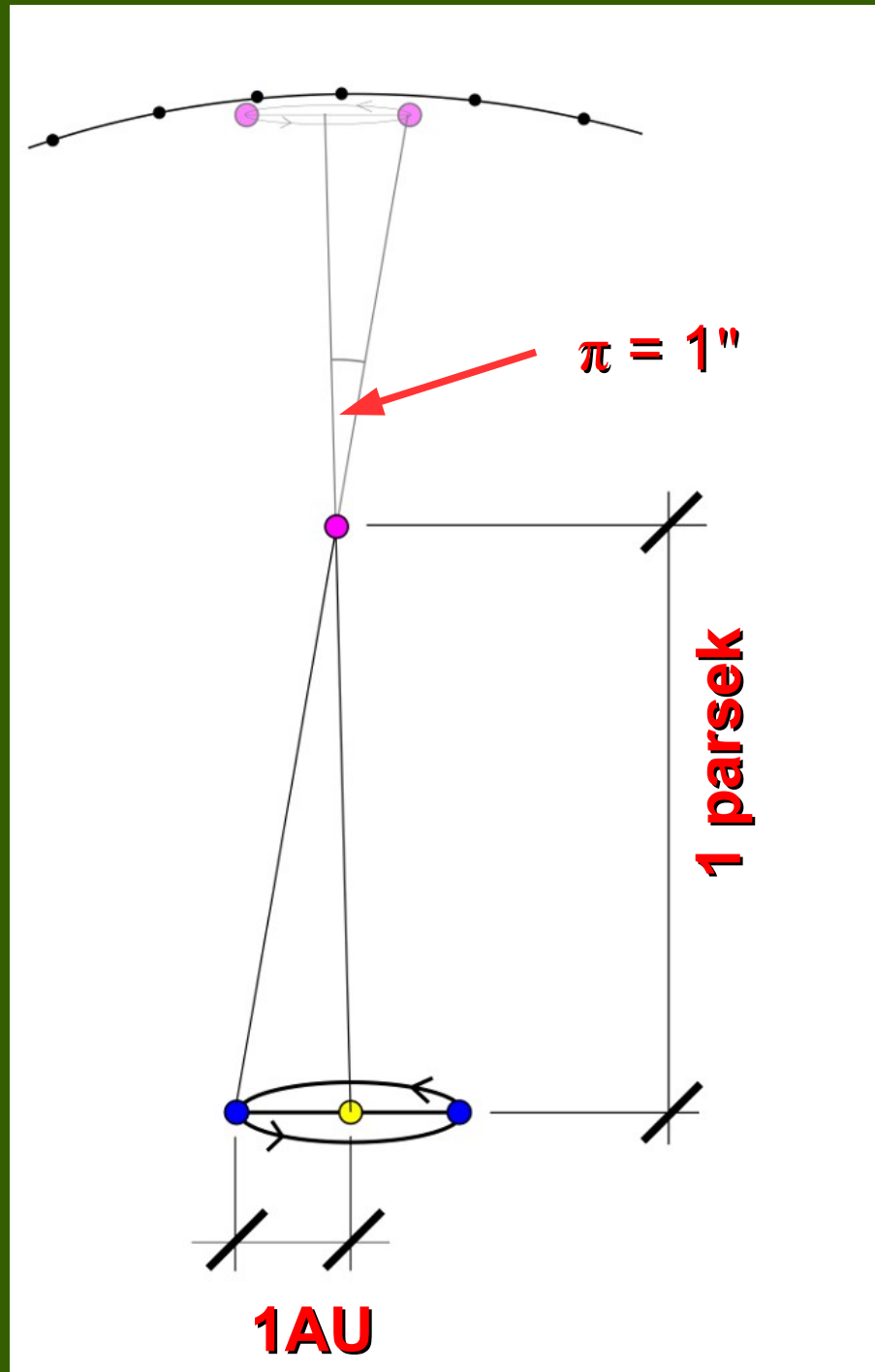
The Parallax of Asteroid (4179) Toutatis
(ESO/MPG 2.2-m + WFI
VLT KUEYEN + FORS 1)



- **Dwie, nieomal
jednoczesne obserwacje
planetoidy Toutatis
29 września 2004
teleskopami ESO:**
- **czerwona - Paranal**
- **zielona - LaSilla**
- **odległość teleskopów:
513 km**
- **przesunięcie na niebie:
40"**
- **wyliczona (poprawnie)
odległość planetoidy:
1 607 900 km**

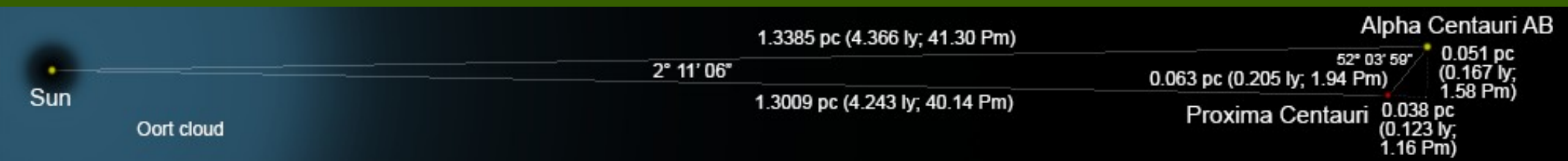
Paralaksa roczna

1 parsek = 206265 AU
= 3.1×10^{16} m
= 3.26 ly



- **Paralaksy są bardzo małymi kątami, dla wszystkich gwiazd są mniejsze niż 1".**
- **Najbliższa gwiazda, Proxima Centauri ma paralaksę równą 0.76" (jest w odległości około 4.3 lat świetlnych).**
- **Odległości do dalekich gwiazd wyznacza się innymi metodami gdyż ich paralaksy są tak małe, że nie można ich zmierzyć.**

Odległości w astronomii



Najbliższa gwiazda: $4 \times 10^{16} \text{ m} = 270000 \text{ AU} = 4.24 \text{ ly} = 1.3 \text{ pc}$

Przypomnienie:

1000 m = $1 \times 10^3 \text{ m} = 1 \text{ km}$

1000000 m = $1 \times 10^6 \text{ m} = 1 \text{ Mm}$

1000000000 m = $1 \times 10^9 \text{ m} = 1 \text{ Gm}$

1000000000000 m = $1 \times 10^{12} \text{ m} = 1 \text{ Tm}$

1000000000000000 m = $1 \times 10^{15} \text{ m} = 1 \text{ Pm}$

Najbliższe otoczenie Słońca

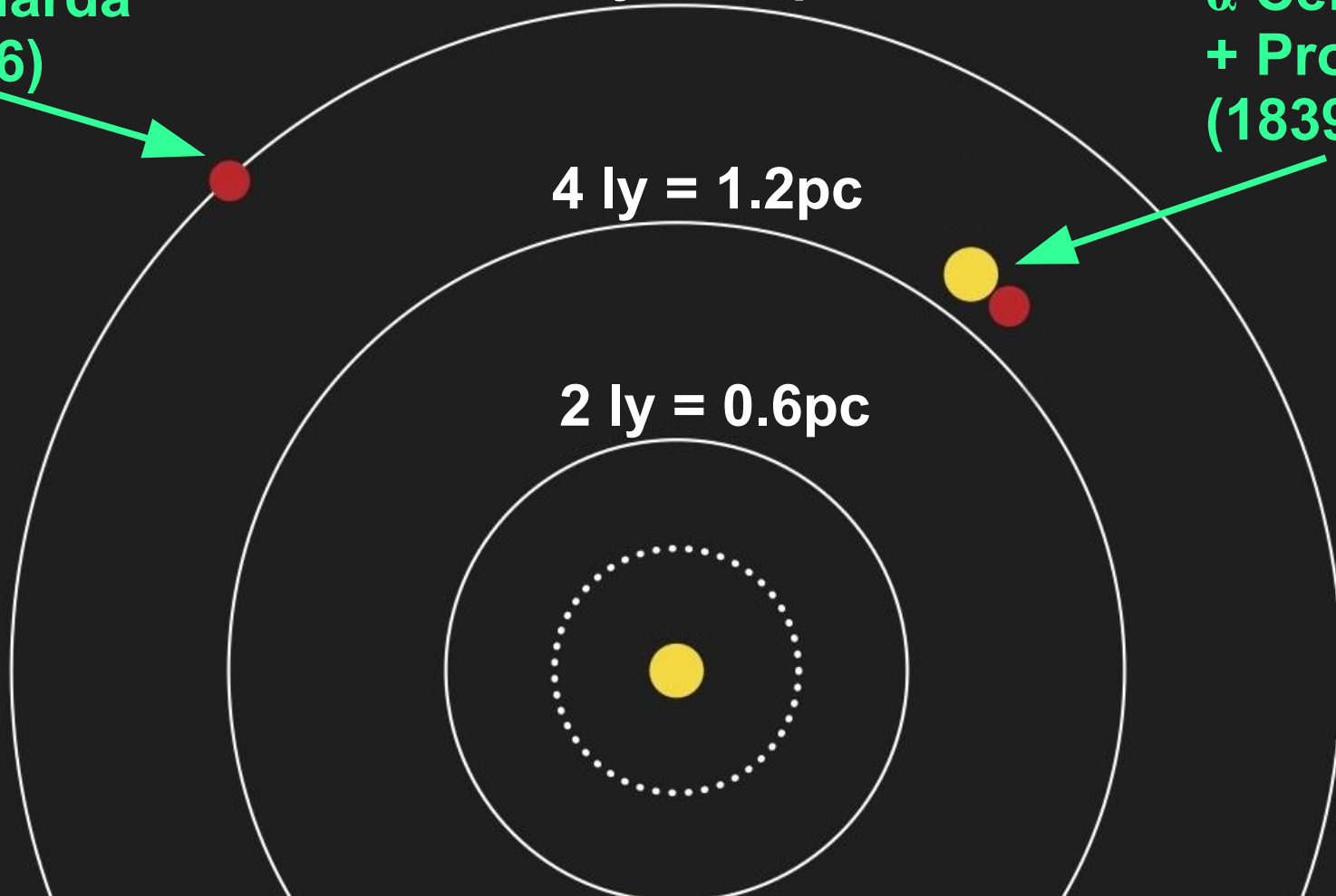
gwiazda
Barnarda
(1916)

6 ly = 1.8pc

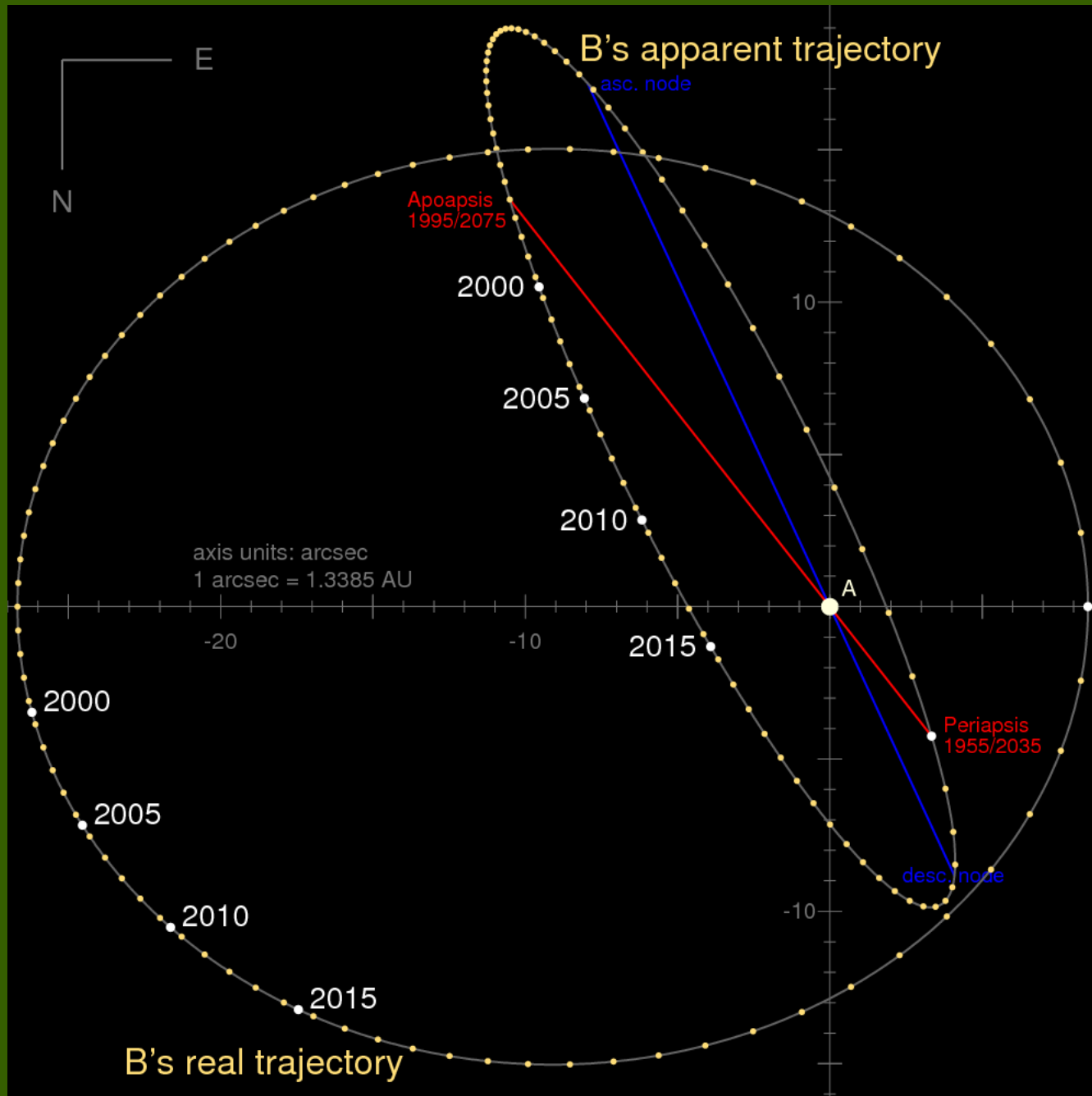
α Centauri
+ Proxima
(1839,1917)

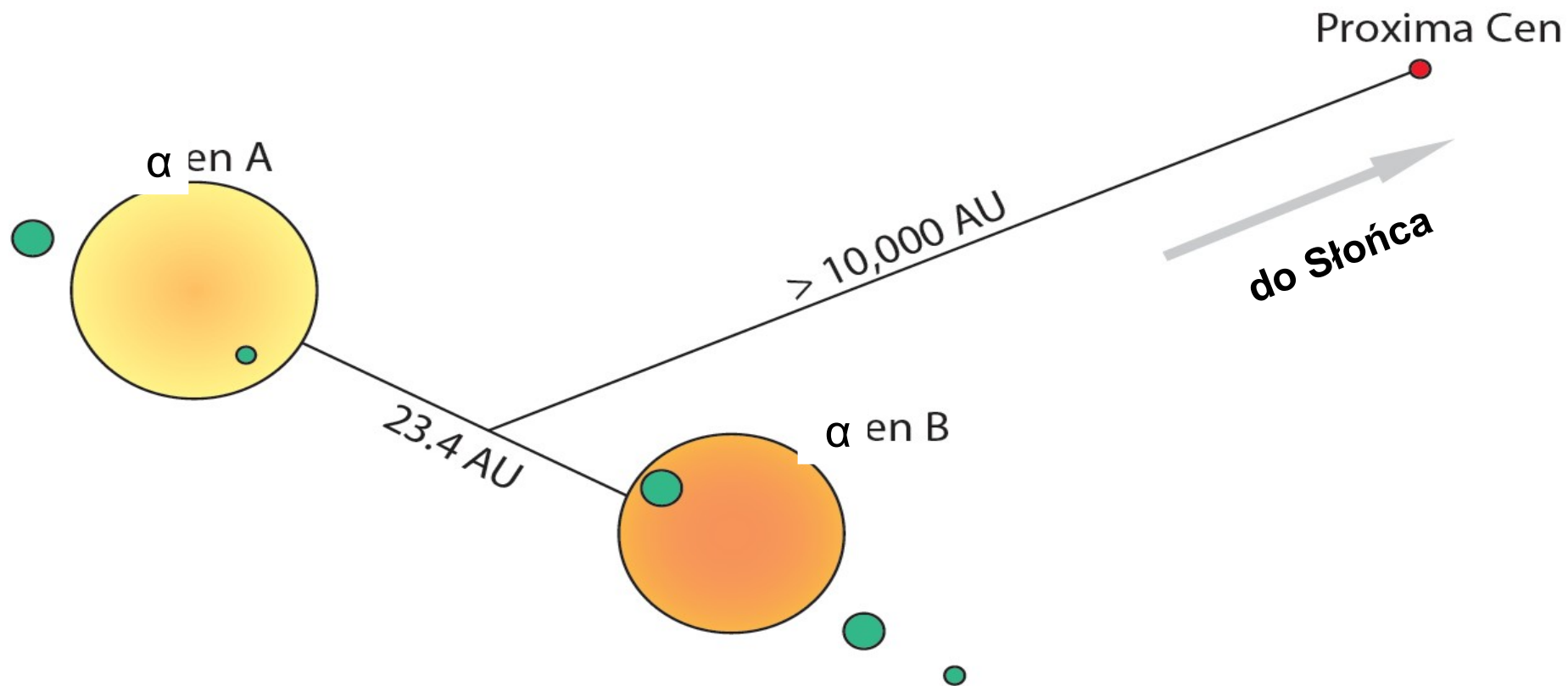
4 ly = 1.2pc

2 ly = 0.6pc

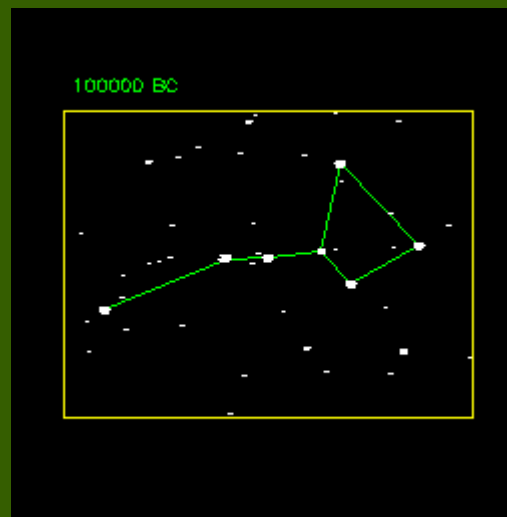


Alpha Centauri AB





Ruch własny gwiazd



Źródło: <http://www.astronomy.ohio-state.edu/~pogge/Ast162/Movies/proper.html>

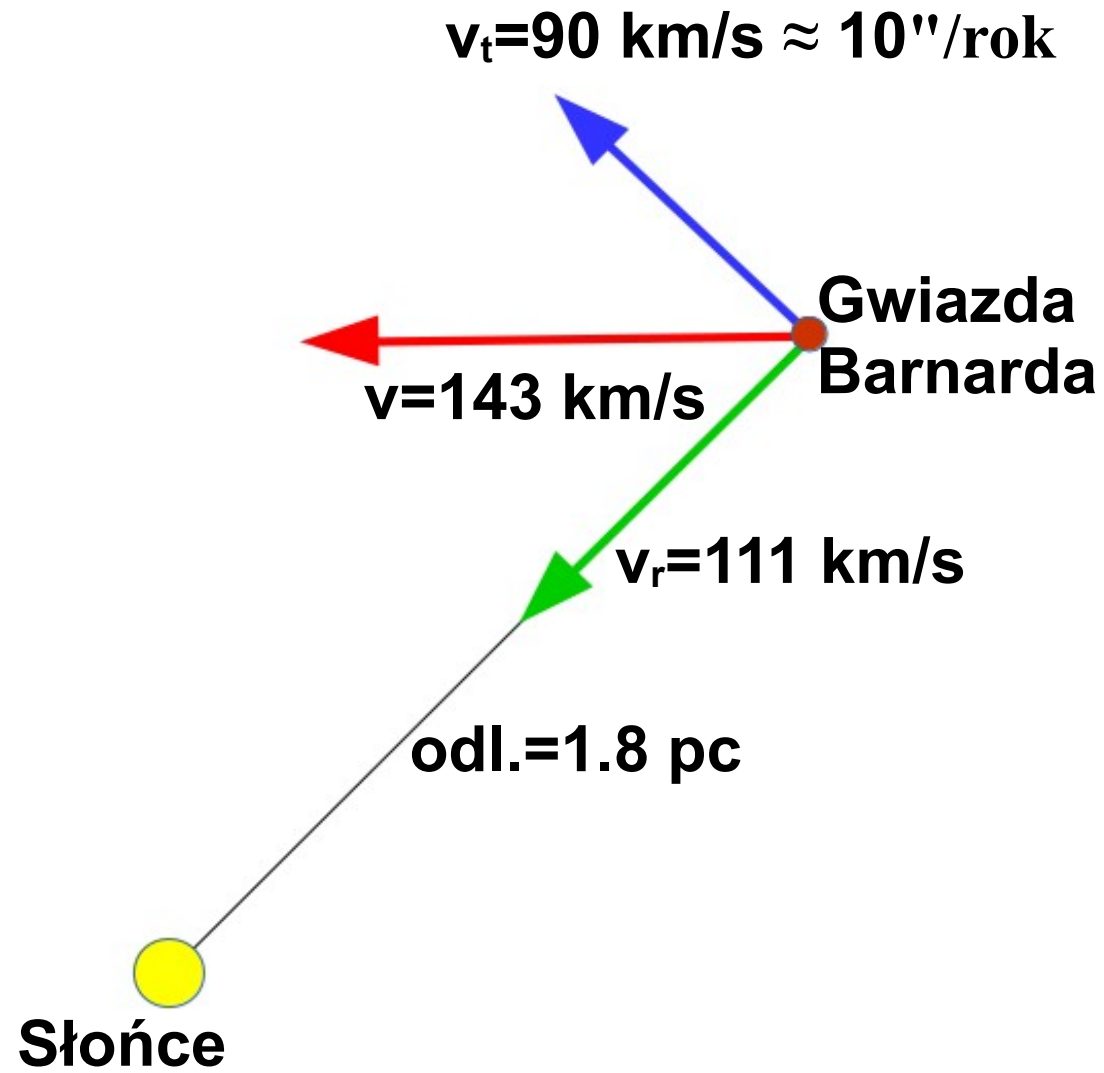
Ruch własny Proxima Centauri



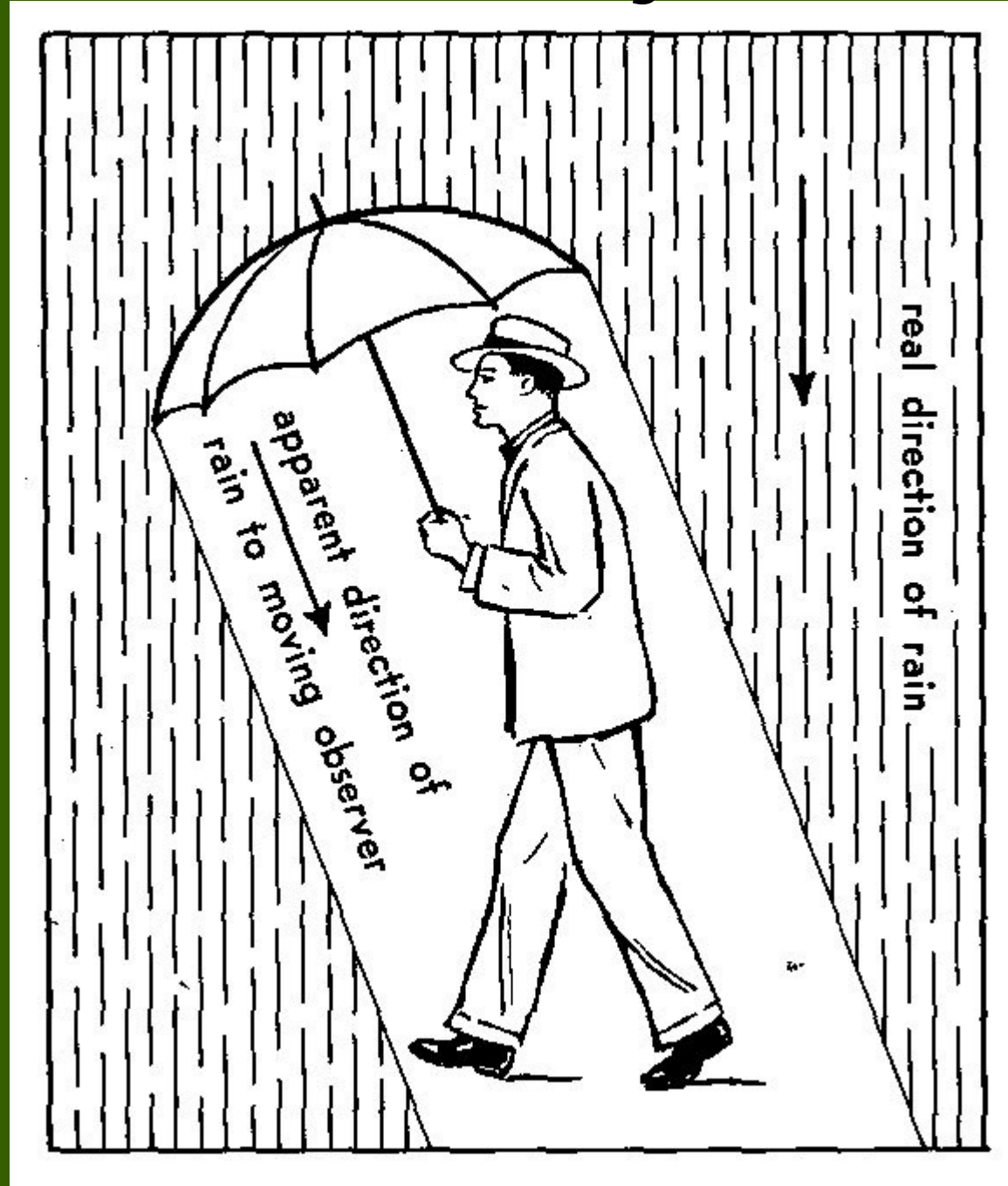
Animacja zdjęć z lat 2000 – 2010



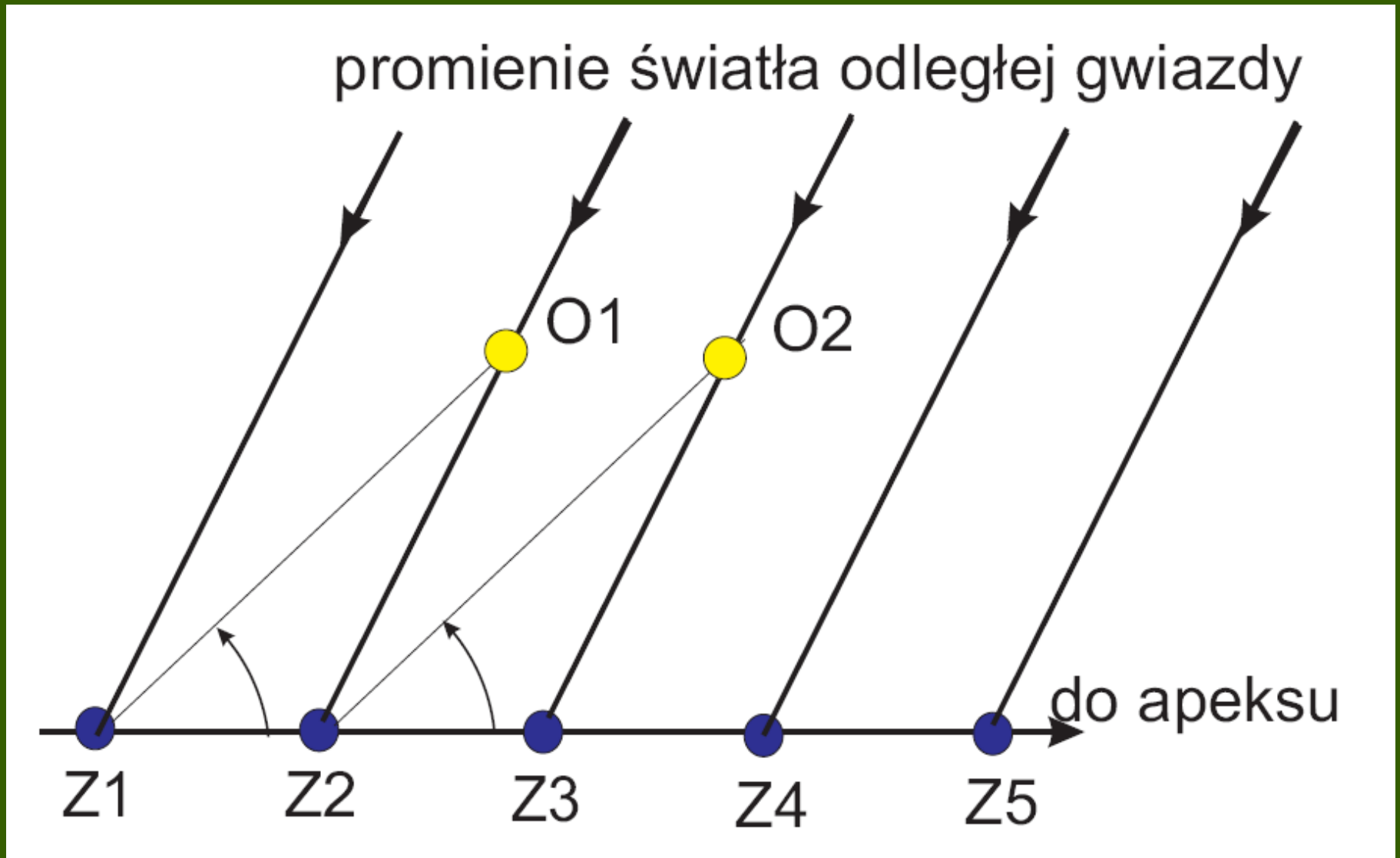
**Ruch własny Gwiazdy Barnarda
to ok. 10.3 sekundy łuku na rok!**



Aberracja

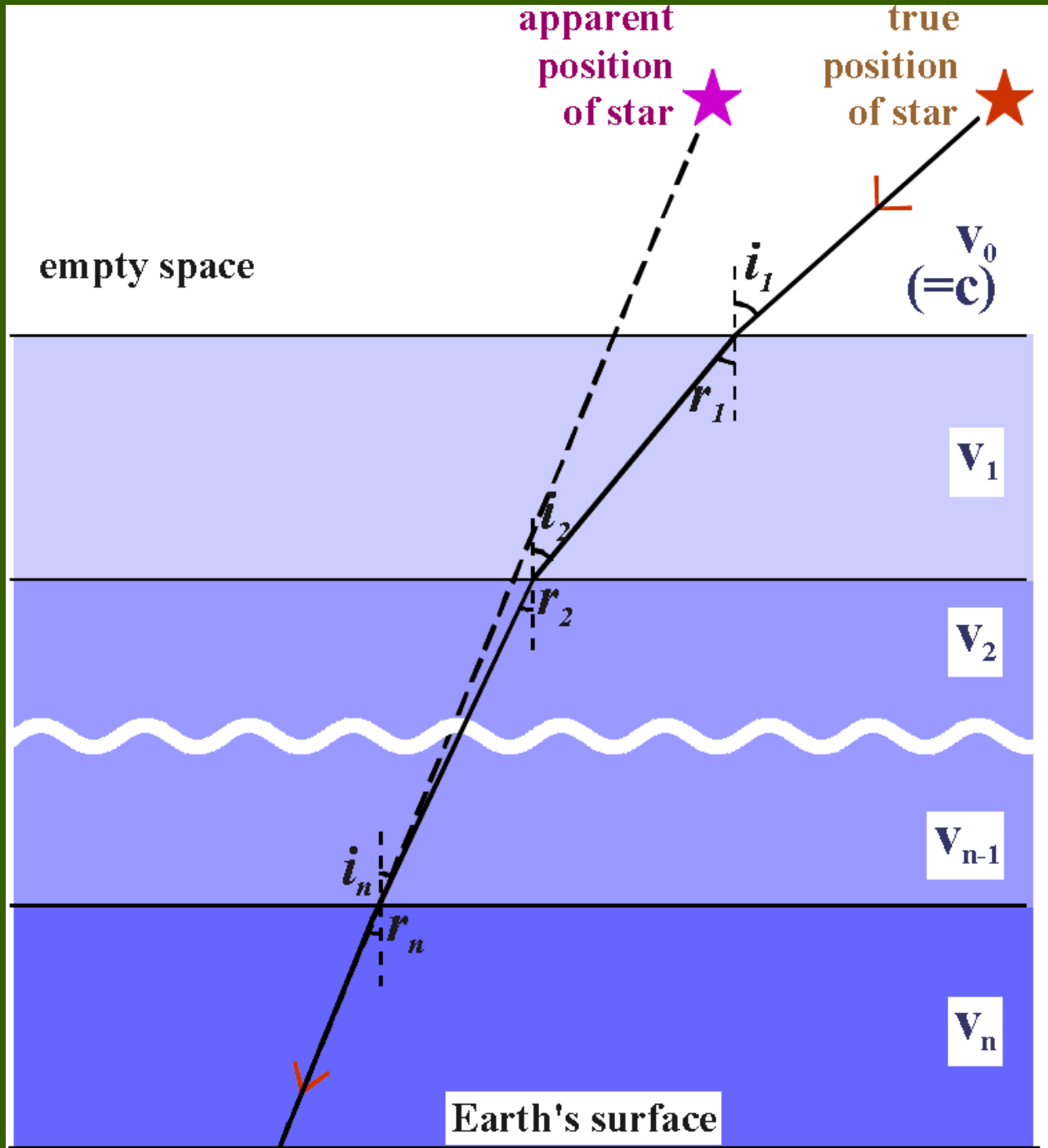


Aberracja światła



- **Aberracją nazywamy zmianę kierunku widzenia ciała niebieskiego na sferze spowodowaną ruchem obserwatora.**
- **Ponieważ Ziemia porusza się po orbicie wokół Słońca ze średnią prędkością ok. 30 km/s, następuje zjawisko aberracji i lunetę w rzeczywistości ustawiamy wzdłuż kierunku będącego wypadkową kierunku prędkości Ziemi i kierunku prędkości światła od gwiazdy.**
- **Maksymalna wartość aberracji rocznej to ok. 20".**
- **Maksymalna wartość aberracji dobowej, wynikającej z rotacji Ziemi to 0.32 sekundy kątowej dla obserwatora na równiku.**

Refrakcja atmosferyczna



Refrakcja zależy od odległości zenitalnej $z = 90^\circ - h$

$$z = 0^\circ \rightarrow R = 0^\circ$$

$$z = 50^\circ \rightarrow R = 1'$$

$$z = 80^\circ \rightarrow R = 5'$$

$$z = 85^\circ \rightarrow R = 10'$$

$$z = 89^\circ \rightarrow R = 25'$$

$$z = 90^\circ \rightarrow R = 35'$$