

# Skala jasności w astronomii

Krzysztof Kamiński

## **Obserwowana wielkość gwiazdowa (magnitudo)**

Skala wymyślona prawdopodobnie przez Hipparcha, który podzielił gwiazdy pod względem jasności na 6 grup (najjaśniejsze: 1, najśłabsze: 6).

Po wynalezieniu teleskopu (1610r) rozszerzono skalę o 7 i dalsze wielkości gwiazdowe, aby uwzględnić gwiazdy nie widoczne gołym okiem.

W 1856r Norman R. Pogson uściślił skalę przyjmując, iż 5 wielkości gwiazdowych odpowiada różnicy w natężeniu promieniowania wynoszącej dokładnie 100.

Skala magnitudo jest względna i wymaga ustalenia poziomu odniesienia.

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log_{10} ( I_1 / I_2 )$$

## Przykładowe jasności

-26.7 <sup>m</sup>	Słońce
-12.6 <sup>m</sup>	Księżyc w pełni
-8 <sup>m</sup>	Najjaśniejsze błyski Irydium
-4.7 <sup>m</sup>	Największa jasność planety Wenus
-4 <sup>m</sup>	Najsłabsze obiekty widoczne za dnia gołym okiem
-1.47 <sup>m</sup>	Najjaśniejsza gwiazda na niebie (Syriusz)
5.5 <sup>m</sup>	Największa jasność Urana
6.5 <sup>m</sup>	Najsłabsze gwiazdy widoczne gołym okiem
9.5 <sup>m</sup>	Najsłabsze gwiazdy widoczne przez lornetkę
13.6 <sup>m</sup>	Największa jasność Plutona
30 <sup>m</sup>	Najsłabsze obiekty kiedykolwiek obserwowane przez teleskop

## Zadanka

1. Obliczyć stosunek pomiędzy natężeniem promieniowania najjaśniejszych i najślabszych obserwowanych obiektów.
2. Obliczyć to samo pomiędzy najślabszymi gwiazdami widocznymi gołym okiem a najślabszymi obiektami widocznymi przez teleskop.
3. Wyprowadzić wzór na zasięg teleskopu przyjmując, że gołym okiem najślabsze widoczne gwiazdy mają jasność 6.0 mag, a źrenica oka ludzkiego wynosi 6 mm.

## 1. Stosunek natężeń

$$I_1/I_2 = 4.786 \cdot 10^{22}$$

## 2. Stosunek natężeń

$$I_1/I_2 = 3.981 \cdot 10^9$$

## 3. Zasięg teleskopu

$$m_{\text{tel}} = 7.6 + 5 \log_{10} r_{\text{tel}}[\text{cm}]$$

$$r = 20 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad m = 14.1 \text{ mag}$$

$$r = 1000 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad m = 22.6 \text{ mag}$$

## Zależność od zakresu widmowego

Jasność wizualna

- jasność zmierzona w zakresie czułości ludzkiego oka

Jasności fotometryczne

- zmierzone w standardowych zakresach czułości najczęściej w systemie Johnson-Cousin (filtry U, B, V, R oraz I)
- jasność w filtrze V jest zbliżona do jasności wizualnej

Jasność bolometryczna

- jasność zmierzona z całym zakresie widma
- znając widmo obiektu można ją wyliczyć z pomiarów jasności fotometrycznej poprzez dodanie tzw. „poprawki bolometrycznej”

$$m_{bol} = m_V + BC$$

## Zależność od odległości

Jasność obserwowana obiektu zależy od:

- jego jasności powierzchniowej
- jego rozmiaru
- jego odległości
- ośrodka przez który obserwujemy

$$M = m - 5\log_{10}r + 5$$

M – wielkość gwiazdowa absolutna

m – wielkość gwiazdowa obserwowana

r – odległość w parsekach

(M – m) – moduł odległości

$$1 \text{ pc} = 3.26 \text{ roku świetlnego} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

## Przykładowe jasności absolutne

+17 <sup>m</sup>	najsłabsze gwiazdy
+4.83 <sup>m</sup>	Słońce
-12 <sup>m</sup>	najjaśniejsze gwiazdy
-10 <sup>m</sup>	najjaśniejsze gromady kuliste (zawierają nawet milion słabych gwiazd)
-19.5 <sup>m</sup>	wybuchy supernowych
-20.5 <sup>m</sup>	Droga Mleczna (ok 200 mld różnych gwiazd)
-25 <sup>m</sup>	najjaśniejsze galaktyki (ponad 500 mld różnych gwiazd)



## Zadanka

1. Przyjmując, że Słońce i Syriusz (najjaśniejsza gwiazda na niebie) promieniują z taką samą mocą obliczyć różnicę w odległość do Syriusza.

$r_{\text{Słońca}} = 150 \text{ mln km}$

$m_{\text{Słońca}} = -27^m$

$m_{\text{Syriusza}} = -1^m$

2. W jakiej najdalszej odległości jesteśmy w stanie zaobserwować przez największe teleskopy (o zasięgu  $25^m$ ):

- planetę typu Ziemia ( $M = 28^m$ )

- najjaśniejsze gwiazdy ( $M = -7^m$ )

- wybuchy supernowych ( $M = -19^m$ )

$$M = m - 5 \log_{10} r + 5$$

$M$  – wielkość gwiazdowa absolutna

$m$  – wielkość gwiazdowa obserwowana

$r$  – odległość w parsekach

$(M - m)$  – moduł odległości

$$1 \text{ pc} = 3.086 \cdot 10^{13} \text{ km}$$

## Zadanka - odpowiedzi

1.  $r_{\text{Syriusza}} / r_{\text{Słońca}} = 158489$   
 $r_{\text{Syriusza}} = 2.3777 \cdot 10^{13} \text{ km} = 0.77 \text{ pc}$

Prawdziwa odległość do Syriusza wynosi 2.64 pc, a błąd wynika z faktu, iż Słońce w rzeczywistości ma mniejszą jasność absolutną niż Syriusz.

2. W jakiej najdalszej odległości jesteśmy w stanie zaobserwować przez największe teleskopy (o zasięgu 25<sup>m</sup>):

- planetę typu Ziemia ( $M = 28^m$ ) 2.5 pc  
*Najbliższe gwiazdy znajdują się w odległości poniżej 2 pc, dlatego do dziś nie można zaobserwować planet typu ziemskiego wokół tych gwiazd (oczywiście jeśli takowe tam w ogóle są)*
- najjaśniejsze gwiazdy ( $M = -7^m$ ) 25 Mpc
- wybuchy supernowych ( $M = -19^m$ ) 6.3 Gpc  
*Horyzont Wszechświata znajduje się w odległości ok 4.2 Gpc, oznacza to, że osiągnęliśmy już możliwość obserwacji „granicy” Wszechświata (ale dotyczy to tylko tak jasnych zjawisk jak wybuchy supernowych).*

## **Pomiary jasności - fotometria**

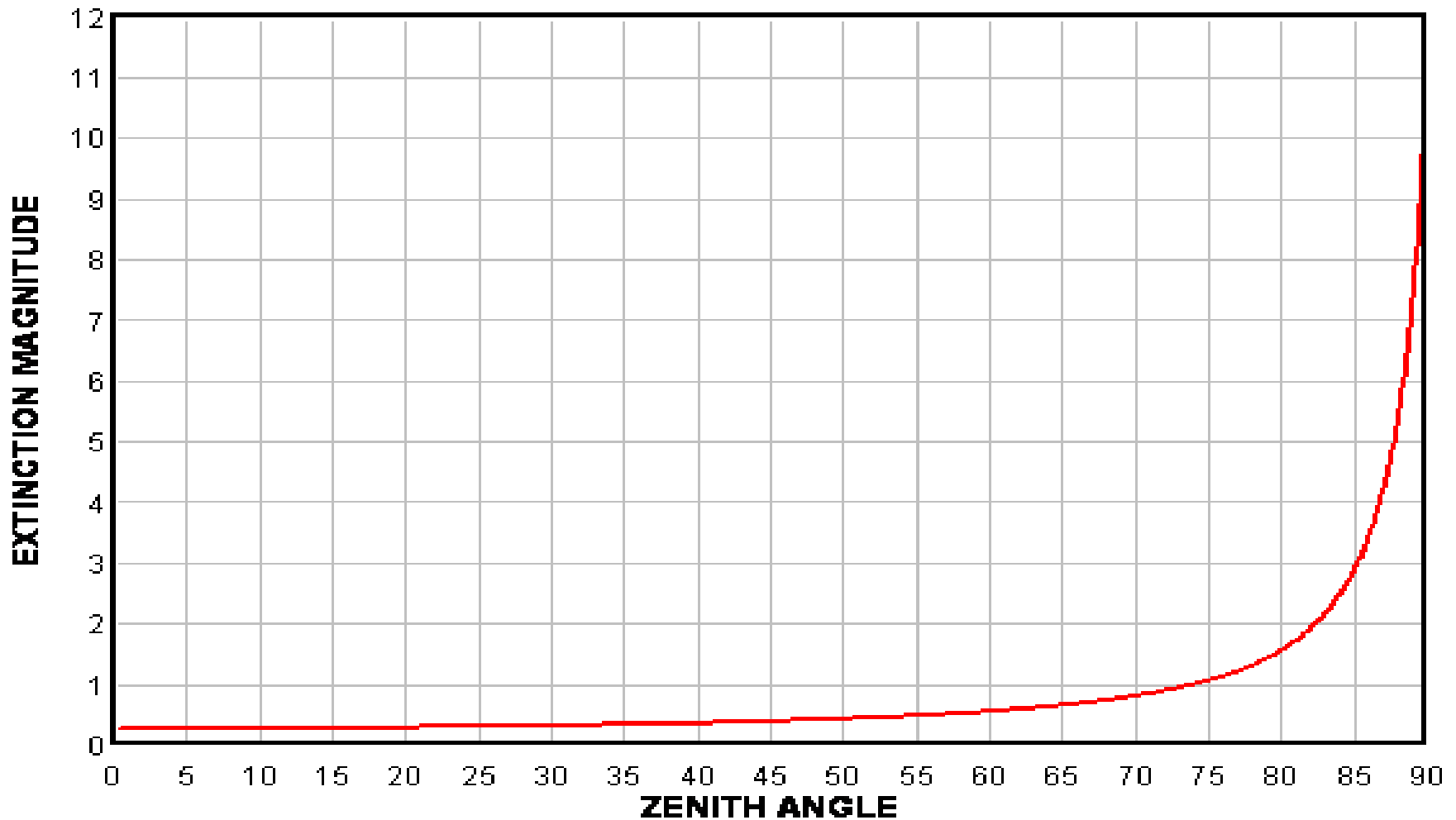
Skąd się biorą zmiany jasności:

- zmiana wysokości obiektu nad horyzontem (ekstynkcja)
- zmiana kąta fazowego (np. kąt pod którym widać pierścienie Saturna)
- zmiany na powierzchni obiektu (plamy gwiazdowe, chmury na planetach)
- wzajemne zaćmienia obiektów
- fizyczne zmiany mocy promieniowania (pulsacje, wybuchy)

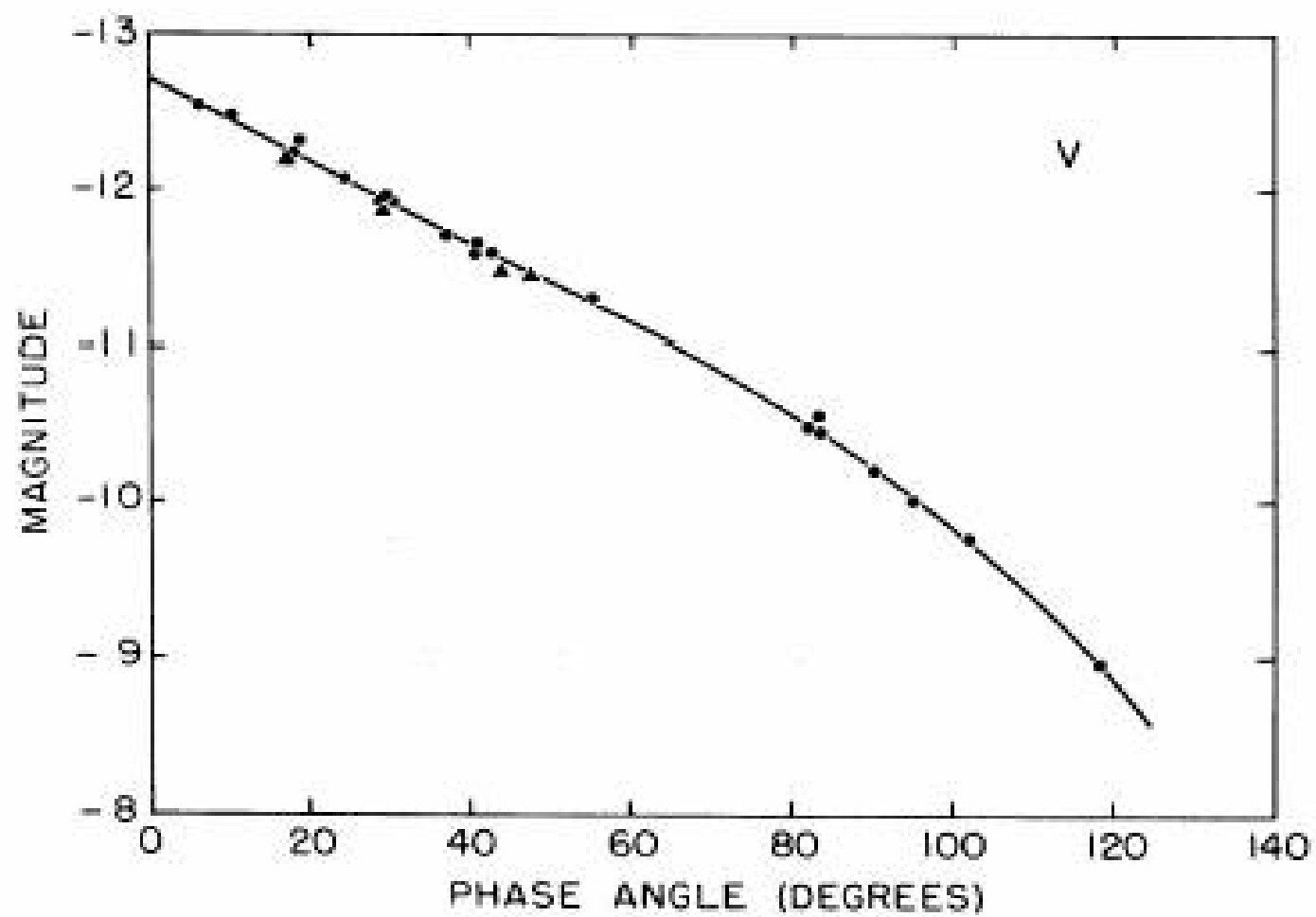
## Ekstynkcja atmosferyczna

Sumaryczny efekt pochłaniania i rozpraszania światła w atmosferze. Zależy od długości fali światła oraz od wysokości nad horyzontem.

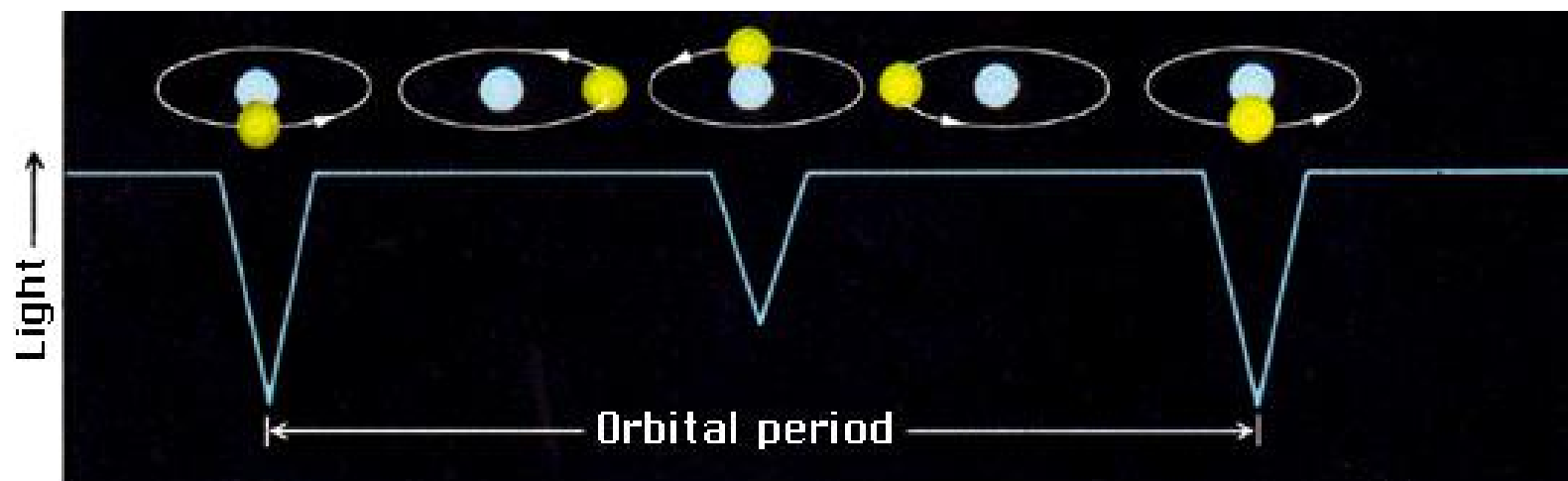
### **AVERAGE ATMOSPHERIC EXTINCTION**



## Fazy Księżyca

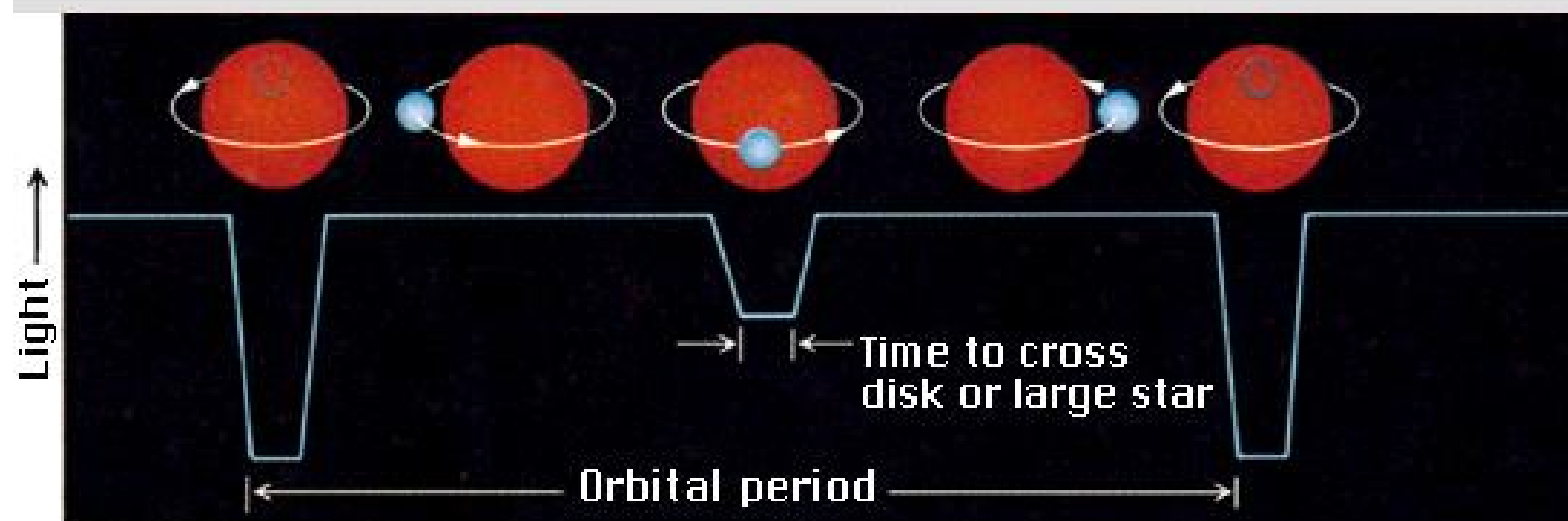


## Zaćmienia gwiazd



a Partial eclipse

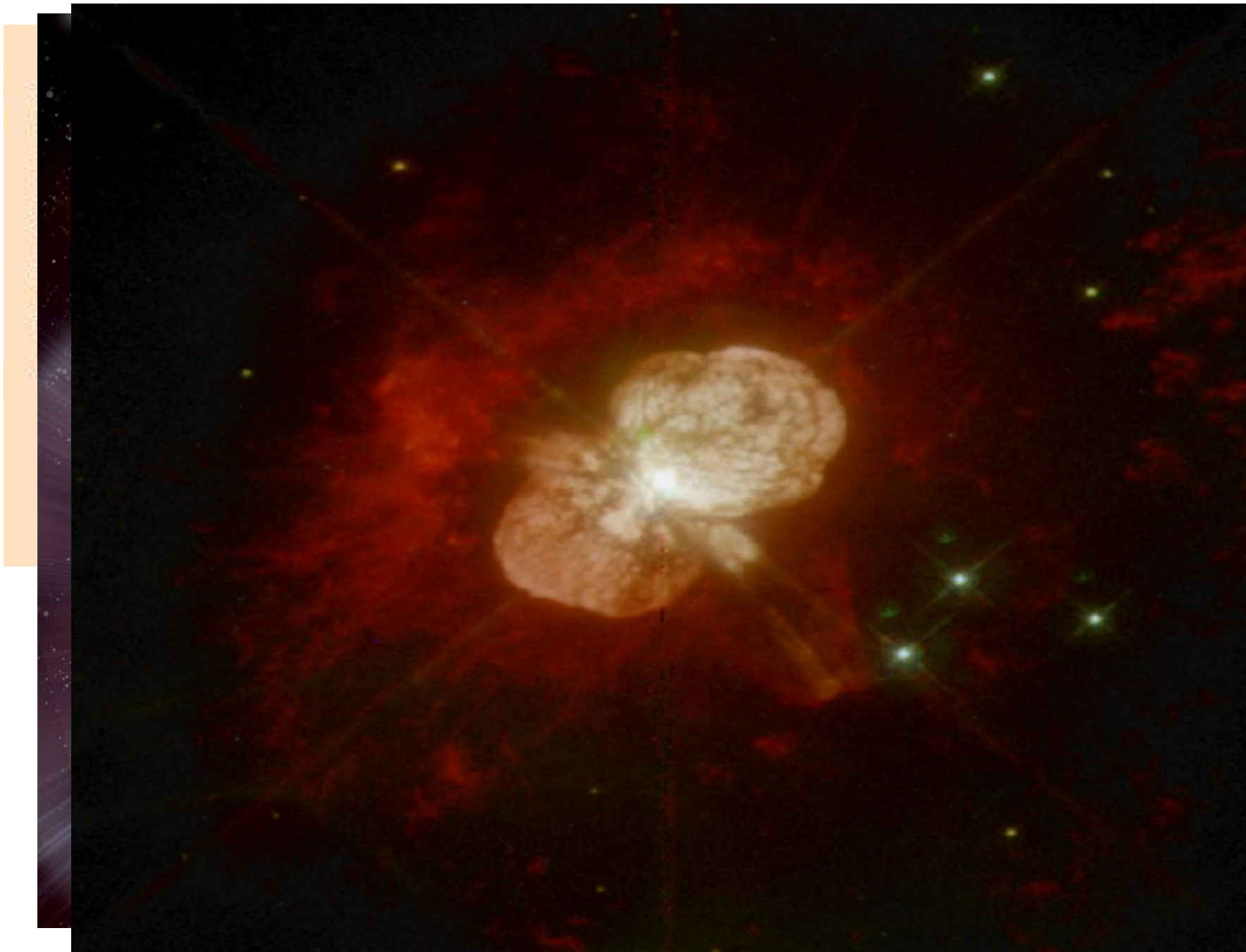
Time →



b Total eclipse

Time →

# Supernowe



## Zadanka

1. Policzyc różnicę w wielkości gwiazdowej pomiędzy pełnią a kwadrą Księżyca.
2. Policzyc głębokość zaćmienia całkowitego dwóch gwiazd:
  - A. Mających identyczne rozmiary i temperatury.
  - B. Mających te same rozmiary ale  $T_1/T_2 = 10$ .
3. Policzyc głębokość zaćmienia Słońca przez Jowisza ( $r_{\text{Słońca}} / r_{\text{Jowisza}} = 10$ ) obserwowanego z odległości sąsiednich gwiazd.



## Zadanka - odpowiedzi

1.  $m_1 - m_2 = 0.75 \text{ mag}$

2. A.  $0.75 \text{ mag}$

B.  $0.0001086 \text{ mag}$  oraz  $10.0001086 \text{ mag}$

3.  $0.0109 \text{ mag}$