Havaitsevan tähtitieteen peruskurssi I, syksy 2023
Mallit 1

1. *Erään kaksoistähden kokonaismagnitudi on* $m_{\text{tot}} = 3.25$. *Jos yhden komponentin magnitudi on* $m_1 = 3.68$ *mikä on toisen komponentin magnitudi?*
Magnitudi m määritellään havaitun vuontiheyden F mukaan kaavalla

$$m = -2.5 \log_{10} \frac{F}{F_0},$$

missä F_0 on magnitudia $m = 0$ vastaava referenssivuontiheys. Koska magnitudi on logaritminen suure, on kaksoistähden toisen komponentin kirkkaus laskettava sen vuontiheyden mukaan. Vuontiheys lausuttuna magnitudin mukaan on

$$F = F_0 \cdot 10^{-m/2.5}.$$

Jos kaksoistähden kokonaisvuontiheys on F_{tot} ja primäärikomponentin vuontiheys F_1, on toisen komponentin vuontiheys:

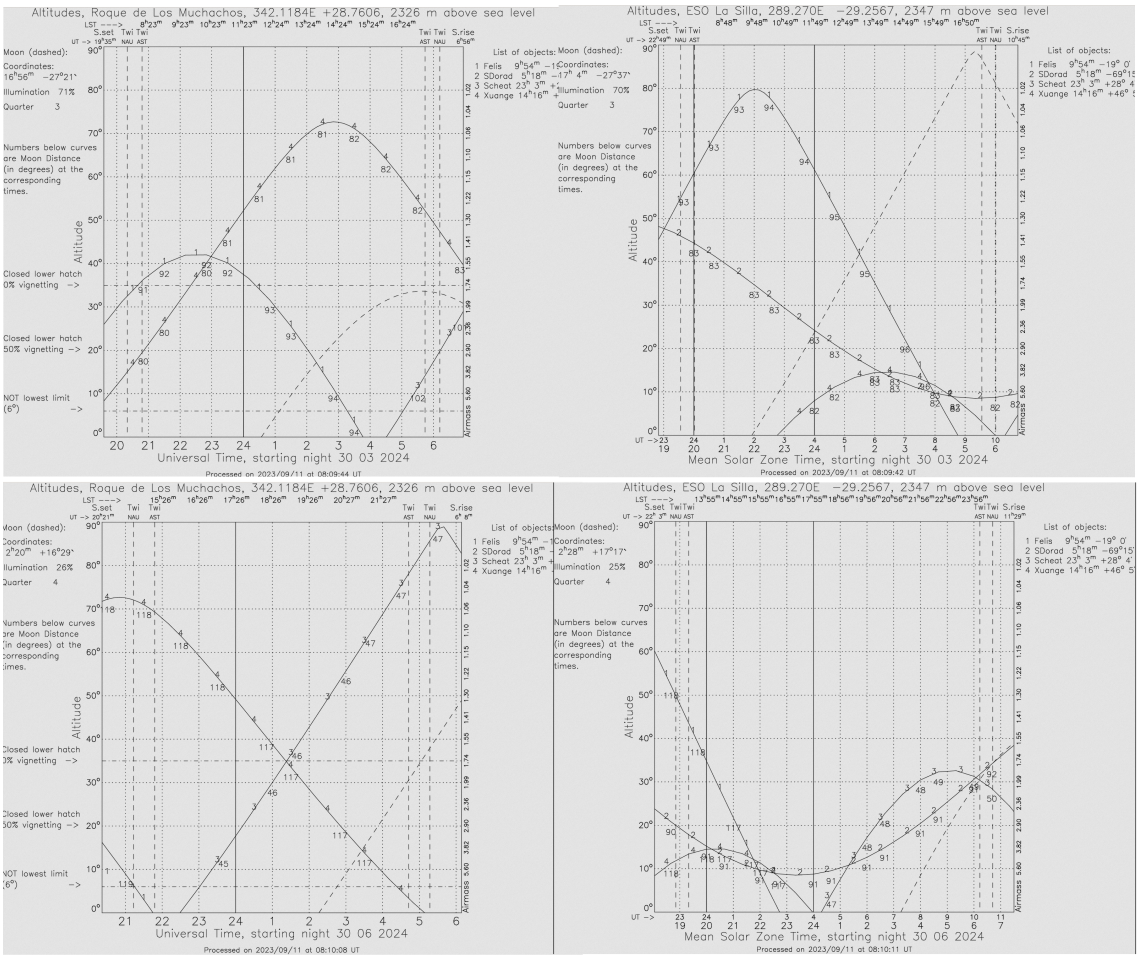
$$\begin{aligned}
F_{\text{tot}} &= F_0 \cdot 10^{-m_{\text{tot}}/2.5} \\
F_1 &= F_0 \cdot 10^{-m_1/2.5} \\
F_2 &= F_{\text{tot}} - F_1 \\
&= F_0(10^{-m_{\text{tot}}/2.5} - 10^{-m_1/2.5}) \\
\Rightarrow \frac{F_2}{F_0} &= 10^{-m_{\text{tot}}/2.5} - 10^{-m_1/2.5} \\
&= 10^{-3.25/2.5} - 10^{-3.68/2.5} \\
&= 10^{-1.3} - 10^{-1.472} \\
&\approx 0.05012 - 0.0337 \\
&\approx 0.01639.
\end{aligned}$$

Sijoittamalla tämä takaisin magnitudin kaavaan, saadaan toisen komponentin magnitudiksi

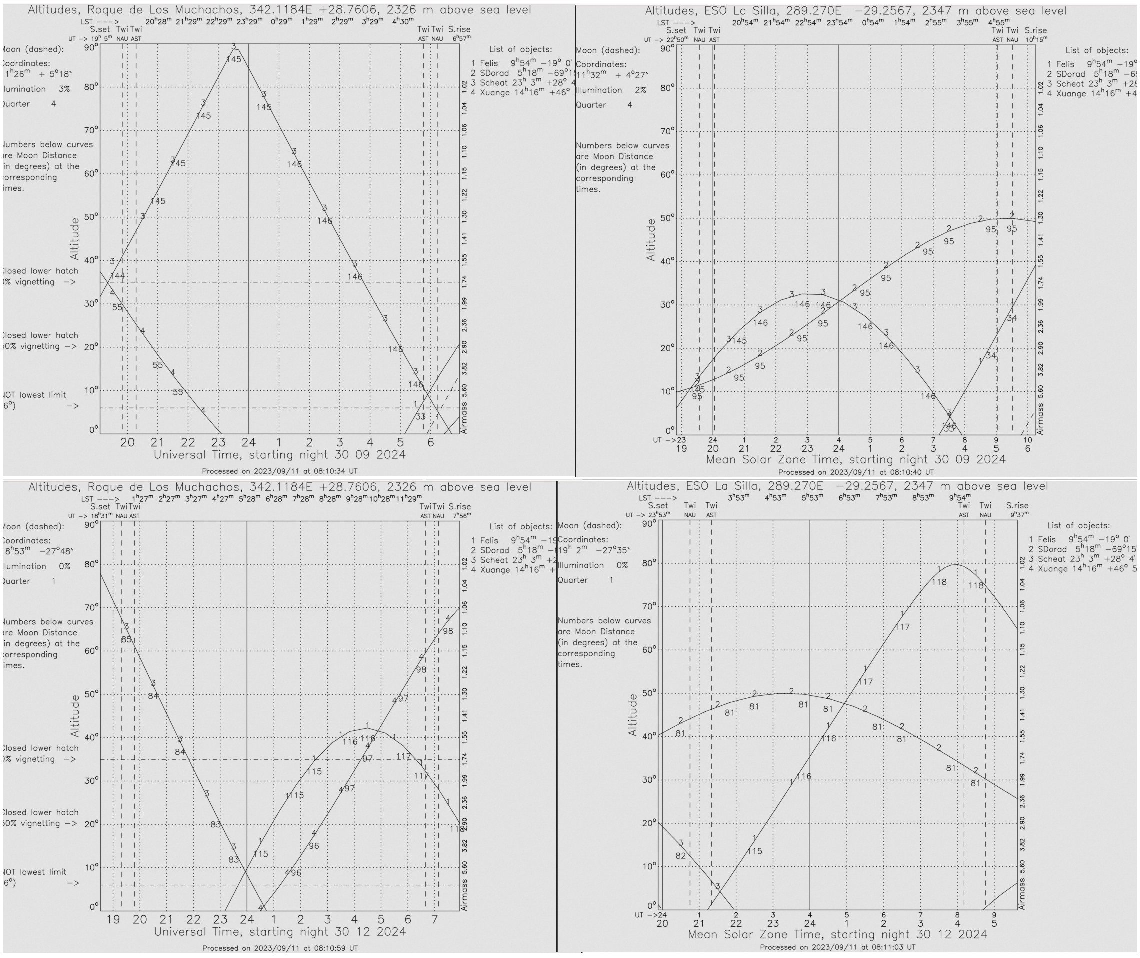
$$\begin{aligned}
m_2 &= -2.5 \log \left(\frac{F_2}{F_0}\right) \\
&\approx -2.5 \log \Big(0.01639\Big) \\
&\approx 4.46.
\end{aligned}$$

2. *Sinulla on käytössäsi kaksi samanveroista teleskooppia, joista toinen sijaitsee La Palman observatoriolla (Kanarian saaret, Espanja) ja toinen ESO:n (European Southern Observatory, Chile) La Sillan observatoriolla. Lisäksi sinulla on valittavissa neljä eri havaintojaksoa vuonna 2024: maaliskuun loppu, kesäkuun loppu, syyskuun loppu ja joulukuun loppu. Mitkä observatoriot ja havaintojaksot soveltuvat parhaiten seuraavien tähtien havaintoihin?* Perustele vastauksiasi, mutta sääolosuhteita ei tarvitse ottaa huomioon. Vinkki: Voit käyttää seuraavasta linkistä löytyvää työkalua arvioidessasi kohteiden näkyvyyttä eri observatorioilla, `http://www.not.iac.es/observing/forms/visibility/`

Tähti	α_{2000}	δ_{2000}
S Doradus	$05^{\mathrm{h}}\ 18^{\mathrm{m}}\ 14.3572^{\mathrm{s}}$	$-69°\ 15'\ 01.148''$
HD 85951	$09^{\mathrm{h}}\ 54^{\mathrm{m}}\ 52.2045^{\mathrm{s}}$	$-19°\ 00'\ 33.620''$
Xuange (λ Boötis)	$14^{\mathrm{h}}\ 16^{\mathrm{m}}\ 23.01880^{\mathrm{s}}$	$+46°\ 05'\ 17.9005''$
Scheat (β Peg)	$23^{\mathrm{h}}\ 03^{\mathrm{m}}\ 46.45746^{\mathrm{s}}$	$+28°\ 04'\ 58.0336''$



Kuva 1: (Yllä:) Maaliskuu (Alla): Kesäkuu



Kuva 2: (Yllä:) Syyskuu (Alla): Joulukuu

Visibility-laskimen tulokset näkyy (toivottavasti) ylläolevissa kuvissa.

(a) S Doradus (kuvissa # 2):
Johtuen sen matalasta deklinaatiosta, S. Doradus ei näy Kanarian saarilta. Syys- ja Joulukuussa se näkyy La Sillasta. Joulukuu on paras aika, sillä S. Dor on korkeimmillaan noin keskiyöllä ja pysyy 40° horisontin yllä klo 03 asti.

(b) HD 85951 (Felis) (kuvissa # 1):
HD 85951 näkyy paremmin La Sillasta talvella ja keväällä. Se nousee korkealle, noin 80° elevaatioon ja pysyy maaliskuussa 40° yllä klo ∼02 asti. Feliksen havaitseminen loppuillasta joulukuussa on myös mahdollinen, mutta silloin sen korkein elevaatio on aamunkoiton aikana.

(c) Xuange (kuvissa # 4):
Xuange näkyy paremmin pohjoiselta pallonpuoliskolta Kanarian saarilta. Maaliskuussa se on 40° yllä alkaen klo 23, ja laskee vasta aamunkoiton jälkeen.

(d) Scheat (kuvissa # 3):
Scheat näkyy parhaiten kanariansaarilta Syyskuussa. Se on 40° yllä auringonlaskusta klo 04 asti, ja sen huippuelevaatio (melkein 90°) on hieman ennen keskiyötä. (Vaikka joskus teleskooppi ei tykkää jos kohde on *liian* lähellä zeniittiä :D)

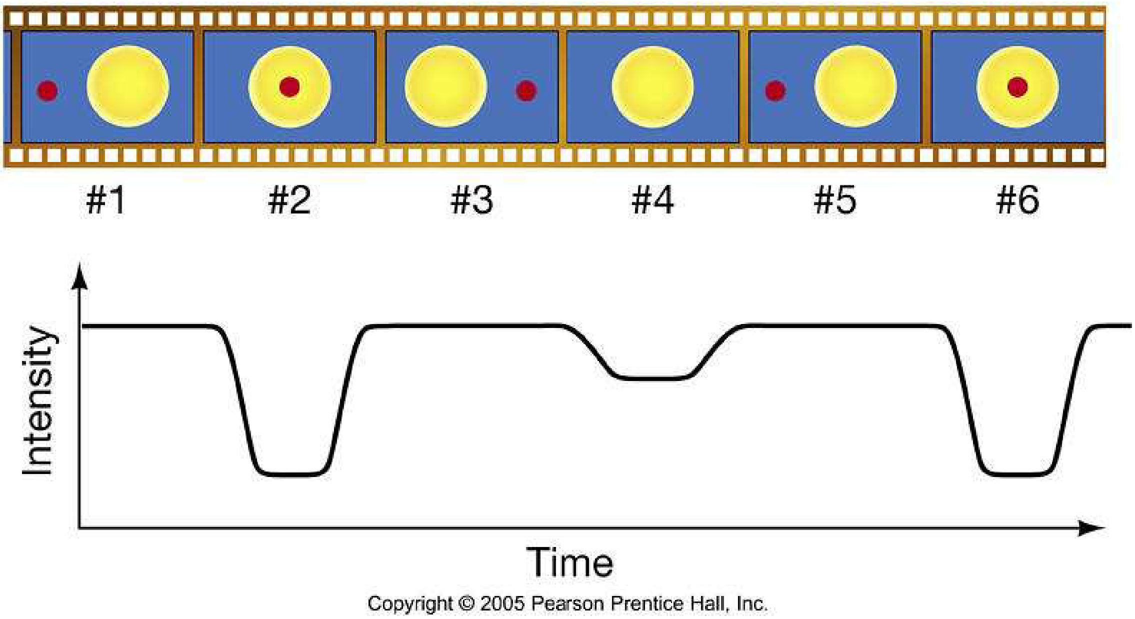
3. *Selitä lyhyesti:*

   (a) *Ketkä ja milloin löysivät Algolin ja Miran kirkkauden muuttumisen sekä muutosperiodit?*
   Egyptiläisten arvioidaan havainneen Algolin jaksollisen kirkkauden vaihtelun 3200 vuotta sitten. Uudella ajalla tähden kirkkaudenvaihtelun havaitsi Geminiano Montanari vuonna 1669 ja periodin määritti John Goodricke vuonna 1783.

   Miran kirkkauden vaihtelun havaitsi David Fabricius vuonna 1596 ja periodin määritti Johannes Holwarda vuonnavuonna 1638.

   (b) *Miten Algolin periodi määritettiin?*
   John Goodricke määritti Algolin periodin havaitsemalla tähden kirkkauden muutosta visuaalisesti sen 10-tuntisten pimennysten ajan ja määrittämällä näin saaduista kirkkaushavainnoista minimien syvimpien kohtien ajanhetket. Saadut minimiajat olivat periodin $P = 2.867$ d monikertoja.

   (c) *Mistä Algolin periodisuus johtuu?*
   Algol on oikeastaan kolmoistähti. Kun kaksi pääkomponenttia kiertävät toisiaaan, peittävät ne välillä toisensa. Tämä johtaa Algolin jaksolliseen himmenemiseen.



Kuva 3: Kaksoistähti kiertää systeemin massakeskipistettä. Kun yksi tähti peittää toisen, himmenee tähden valo hieman. Lähde: Researchgate; Hamacher, D. *A Search for Transiting Extrasolar Planets from the Southern Hemisphere*

4. *Mikä on tähden parallaksi ja kuka mittasi sen ensimmäisen kerran?*

   Tähden vuotuinen parallaksi tarkoittaa sen näennäisen paikan muuttumista taivaalla vuoden mittaan Maan kiertäessä radallaan Auringon ympäri. Tähden paikka taivaalla kaukaisiin taustan kohteisiin verrattuna muuttuu muuttuu hieman sen mukaan, millä puolella Aurinkoa Maa kullakin havaintohetkellä on ja tämä paikan muutos on sitä suurempaa, mitä pienempi etäisyys tähteen on. Etäisyys, jolla vuotuisen parallaksin suuruus on yksi kaarisekunti, on parsek.

   Ensimmäisen kerran vuotuisen parallaksin havaitsi Friedrich Bessel vuonna 1838, joka havaitsi tähden 61 Cyg parallaksin.

5. *Säteilyn energiavuo pienenee väliaineessa kaavan $L = L_0 e^{-\tau}$ mukaisesti, missä L_0 on säteilyn energiavuo ennen väliaineeseen saapumista ja τ on väliaineen optinen paksuus. Osoita, että kohteen magnitudi maan pinnalta havaittuna kasvaa lineaarisesti verrannollisena ilmakehän optiseen paksuuteen.*
   Säteilyn vuo on vuontiheys integroituna avaruuskulman yli, joten energiavuon lausekkeen voi sijoittaa sellaisenaan magnitudin kaavaan.
   Ero väliaineen ekstinktion jälkeen havaitun magnitudin m ja alkuperäisen magnitudin m_0 välillä on

$$\begin{aligned} m - m_0 &= -2.5 \log \left(\frac{L}{L_0} \right) \\ &= -2.5 \log_{10} \left(\frac{L_0 e^{-\tau}}{L_0} \right) \\ &= -2.5 \log_{10} \left(e^{-\tau} \right). \end{aligned}$$

   Logaritmin kantaluku voidaan muuttaa,

$$\log_{\mathrm{b}} x = \frac{\ln x}{\ln b},$$

   jolloin

$$\begin{aligned} m - m_0 &= -2.5 \left(\frac{\ln e^{-\tau}}{\ln 10} \right) \\ &\approx -2.5 \left(\frac{-\tau}{2.30} \right) \\ &= \left(\frac{2.5}{\ln 10} \right) \tau \\ &\approx 1.09\tau. \end{aligned}$$

   Magnitudiero kasvaa siis lineaarisesti optisen paksuuden funktiona kertoimella 1.09.