

# Ast1100 Oblig 2

Thomas Haaland

## 1 Problem 4.4, Kapittel 3

### Beskrivelse av problemet:

Skal lage et program som leser inn data fra filer, finner bølgelengden og lysfluxen som er lest inn ved gitte tidsintervall. Bølgelengden som blir lest inn er forskyvningen av absorpsjonslinjen til  $H_\alpha$  og kan brukes til å finne radiell hastighet relativt til oss som observerer rødforskyvningen. Når radiell hastighet er funnet, skal programmet finne en oscillerende funksjon som passer best mulig til bevegelsen til stjerna. Til slutt skal programmet finne massen til planeten som skaper stjernas oscillerende bevegelse. Dette kan gjøres med god sikkerhet kun for planeter som passerer foran stjerna som sett av oss på jorda.

### Oppgitte dataer:

Vi har blitt gitt noen filer som beskriver oppførselen til 10 stjerner. I filene er det tre kolonner med tall. Første kolonne er tidspunktet for observasjonene etter første observasjon  $t = t_0 = 0$ . Andre kolonne er ved hvilken bølgelengde det er en absorpsjonslinje som svarer til  $H_\alpha$ . Denne ser vi at varierer, noe som kan skje feks på grunn av unøyaktige målinger eller rødforskyvning. Det er spesielt rødforskyvning vi er interessert i her, siden rødforskyvningene gir oss hastigheten til legemet i radiell retning. Tredje kolonne er lysfluksen, eller hvor mye lys som kommer inn fra stjerna. Her ser vi spesielt etter formørkninger, noe som kan bety at en planet passerer foran stjerna.

### Løsninger:

Først tar jeg for meg hvordan finne radiell hastighet, der radiell er parallelt med observatørens synsretning. Bruker Doppler's formel

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v_r}{c} \quad (1)$$

for å løse for  $v_r$

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c \quad (2)$$

Der  $v_r$  er radiell hastighet,  $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ ,  $\lambda$  er bølgelengde uten doppler effekt,  $\lambda_0$  er observert bølgelengde og  $c$  er lysfarten.

Finner deretter pekuliærhastigheten, som er hastigheten til massesenteret til det observerte systemet. Pekuliærhastigheten finner jeg ved gjennomsnittet

$$v_p = \frac{1}{n} \sum_{t=0}^n v_r(t) \quad (3)$$

der  $v_p$  er pekuliærhastigheten og  $v_r(t)$  er radiellhastigheten ved tidspunktet  $t$ . Når pekuliær hastigheten er funnet, vil hastigheten til stjerna relativt til mass-

esenteret til stjerne-planet systemet bli funnet ved

$$v_{rel}^{data}(t) = v_r(t) - v_p \quad (4)$$

Til  $v_{rel}^{data}(t)$  må det finnes en funksjon  $v_{rel}^{modell}(t)$  som er glatt og passer godt. Antar at  $v_{rel}^{data}(t)$  likner på

$$v_{rel}^{modell}(t) = v_r^{max} \cos\left(\frac{2\pi}{P}(t - t_0)\right) \quad (5)$$

der  $v_r^{max}$  er maksimale relative hastighet,  $P$  er perioden og  $t_0$  er en forskyvningsfaktor, funksjonen starter altså i  $t_0$ .

For å finne beste konstanter brukes minste kvadraters metode.

$$\Delta(t_0, P, v_r^{max}) = \sum_{t=0}^n [v_{rel}^{data}(t) - v_{rel}^{modell}(t, t_0, P, v_r^{max})]^2 \quad (6)$$

der  $t_0, P, v_r^{max}$  er rekker med spenn som settes opp med øyemål.

Når  $P, v_r^{max}$  er funnet, kan disse verdiene brukes til å finne massen til planeten, gitt at inklinasjonen er nær  $\frac{\pi}{2}$ , ved

$$m_p = \left(\frac{m_*^2 P}{2\pi G}\right)^{\frac{1}{3}} v_r^{max} \quad (7)$$

der  $m_p$  er massen til planeten,  $m_*$  er massen til stjerna,  $P$  er perioden,  $G$  er newtons gravitasjonskonstant og  $v_r^{max}$  er maks hastighet.

**Kode:** De fleste likningene over er rett frem i programmering. Det er hovedsakelig likning (6) som krever mye kode. For å finne  $\Delta$  skrives koden

```
for i in range{t0_a, t0_b}:
    for j in range{vr_a, vr_b}:
        for k in range{P_a, P_b}:
            rel_vel_model = ...
            delta = sum((rel_vel - rel_vel_model)**2)
            if delta < best_delta:
                best_t0 = t0[i]
                best_vr = vr[j]
                best_P = P[k]
                best_delta = delta
```

Ut fra dette finnes de beste verdiene for  $t_0, v_r, P$ .

For å finne de riktige verdiene har jeg laget et program som skriver ut rådata som grafer og spør om minste og maks verdiene til  $t_0, v_r, P$ .

Koden jeg har laget formatterer først dataen fra filene 'star(0-9).txt' i arrays. Finner deretter radiell hastighet, pekuliær hastighet og plotter så  $v_{rel}^{data}(t)$  funnet fra radiell og pekuliær hastighet. Plotter så lyskurven. Når disse er plottet spør den om verdiene til  $t_0, v_r, P$ . Ut fra disse verdiene lages  $v_{rel}^{modell}(t)$ . De beste verdiene brukes videre til å kalkulere massen til planeten, så skrives alle disse verdiene ut i en fil:

```

star0.txt
t0          vr          P          M
288461.538462  221.538461538  346153.846154  2.83250843895e+27

star3.txt
t0          vr          P          M
129871.794872  762.230769231  173000.0  5.65354532815e+27

star4.txt
t0          vr          P          M
519230.769231  328.512820513  1037179.48718  1.03973899226e+28

```

t0 er målt i sekunder, vr målt i  $\frac{m}{s}$ , P målt i sekunder, M er massen til planeten målt i kg. Jeg fant formørkelse kun på de filene over.

Kjøreeksempelen under gav følgende resultatet over

```

thomhaa@skog ~/ast1100/week2 $ python week2.py
Is there a planet eclipsing star0.txt? (yes/no): yes
type t0 min value: 270000
type t0 max value: 300000
type vr min value: 204
type vr max value: 240
type Period min value: 620000-300000
type Period max value: 650000-270000
type the mass of star described in star0.txt in solar masses: 0.8
Is there a planet eclipsing star1.txt? (yes/no): no
Is there a planet eclipsing star2.txt? (yes/no): no
Is there a planet eclipsing star3.txt? (yes/no): yes
type t0 min value: 125000
type t0 max value: 135000
type vr min value: 747
type vr max value: 780
type Period min value: 295000-136000
type Period max value: 310000-125000
type the mass of star described in star3.txt in solar masses: 0.5
Is there a planet eclipsing star4.txt? (yes/no): yes
type t0 min value: 500000
type t0 max value: 550000
type vr min value: 315
type vr max value: 346
type Period min value: 1.5*10**6-550000
type Period max value: 1.6*10**6-480000
type the mass of star described in star4.txt in solar masses: 1.8
Is there a planet eclipsing star5.txt? (yes/no): no
Is there a planet eclipsing star6.txt? (yes/no): no
Is there a planet eclipsing star7.txt? (yes/no): no
Is there a planet eclipsing star8.txt? (yes/no): no
Is there a planet eclipsing star9.txt? (yes/no): no
thomhaa@skog ~/ast1100/week2 $

```

Og følgende grafer:

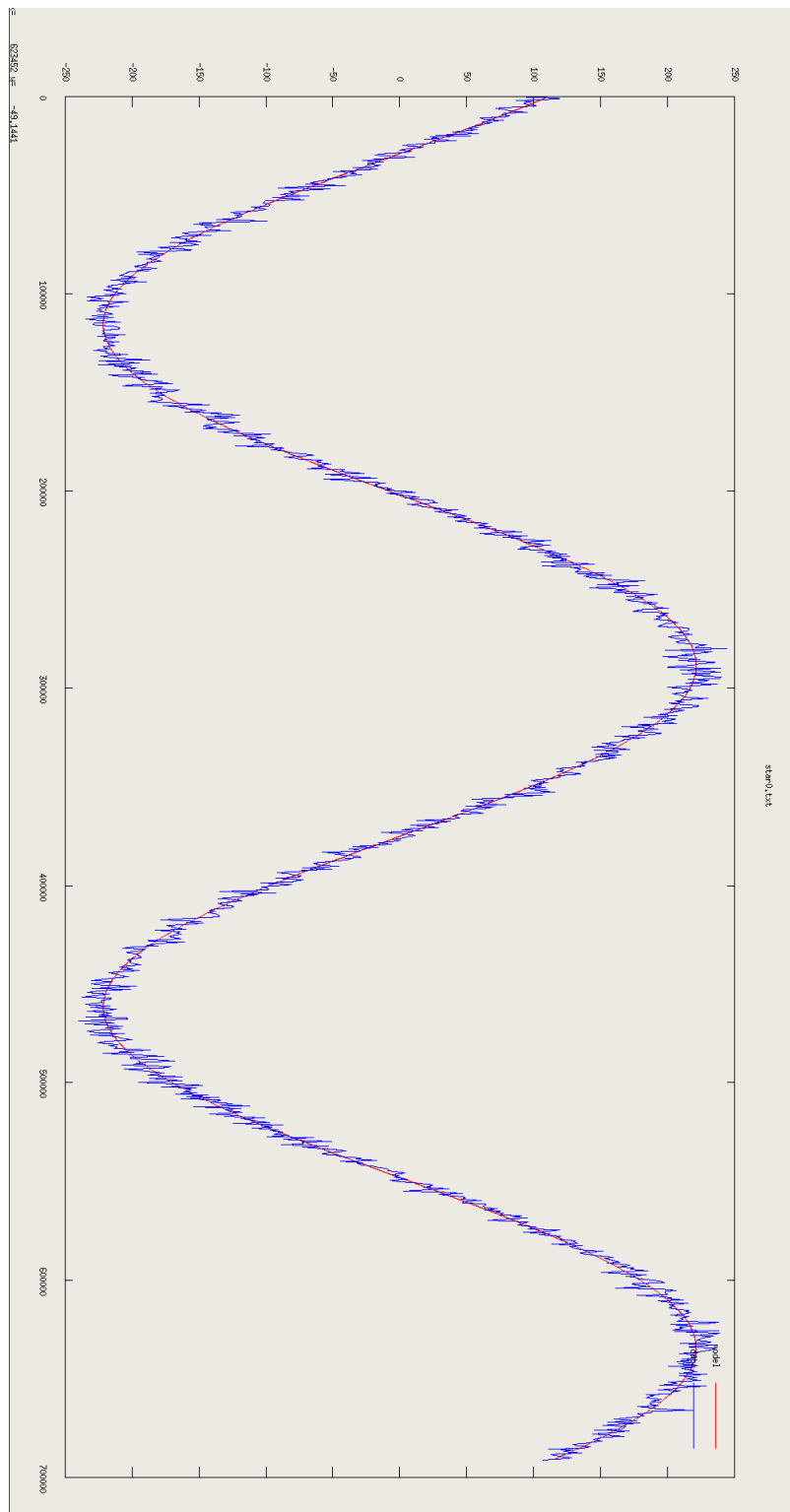


Figure 1: Star0

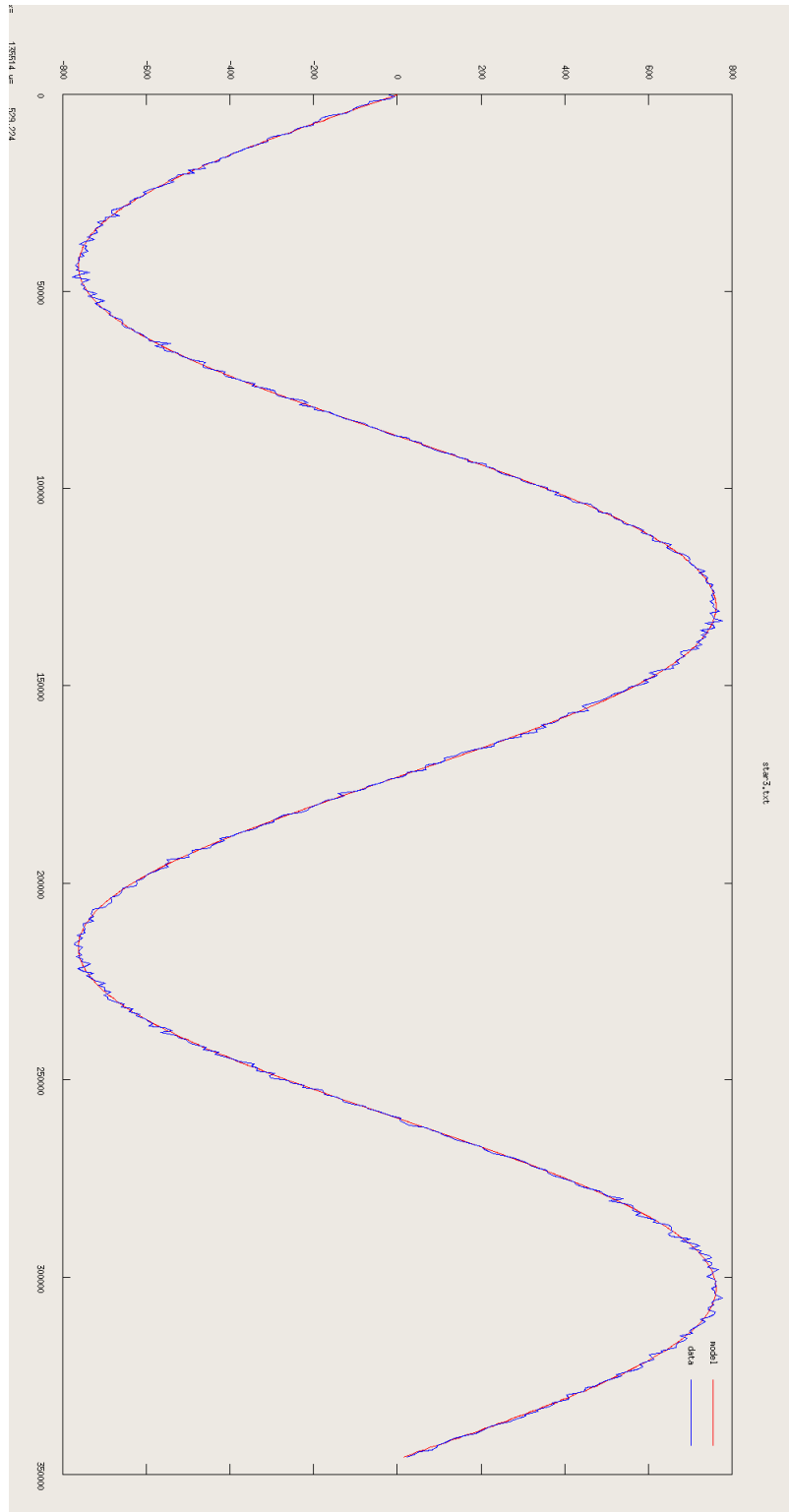


Figure 2: Star3

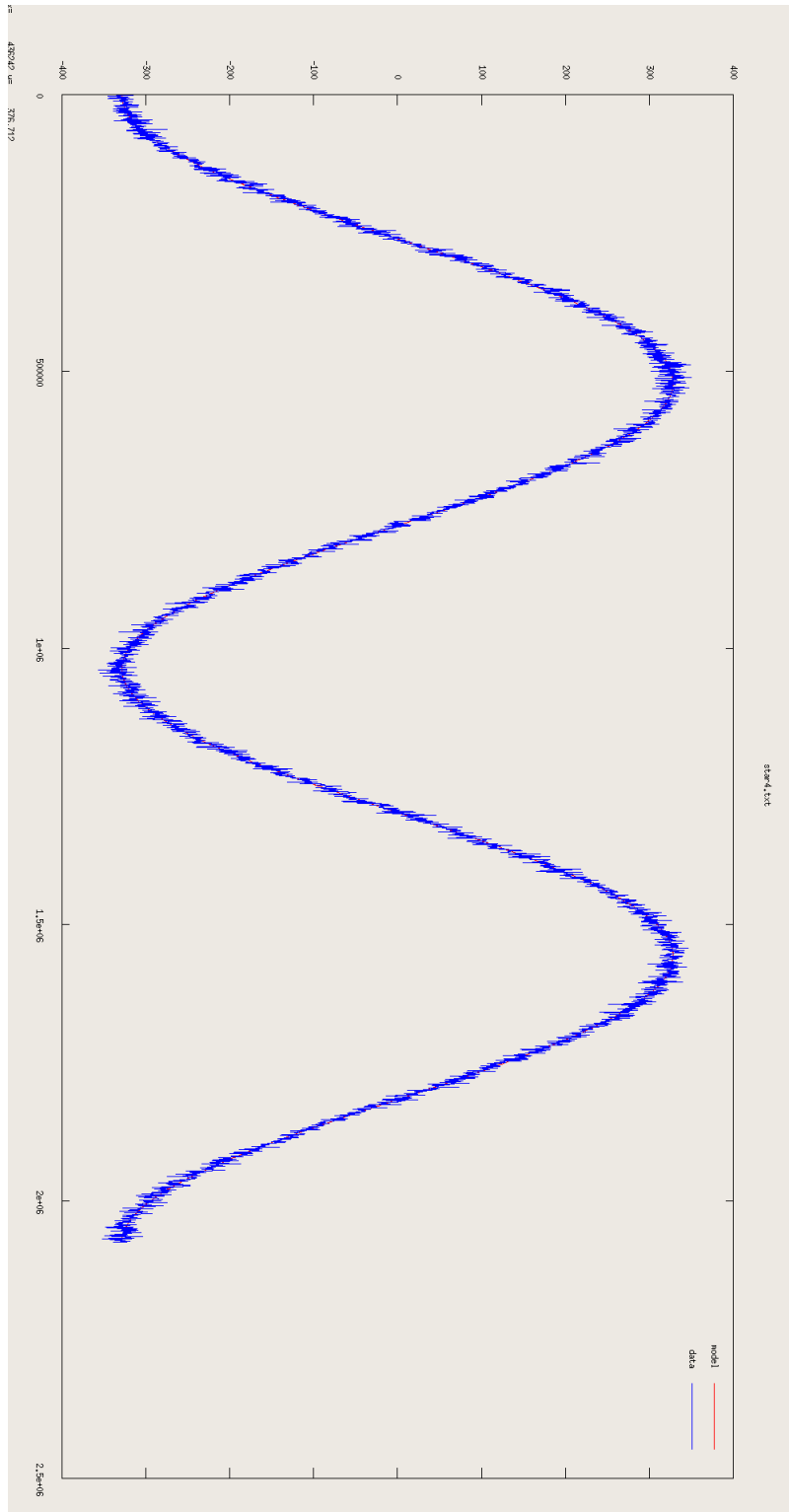


Figure 3: Star4