



# Norsk Astronomiolympiade

## Oppgavesett runde 2

skoleåret 2019/2020

Dag: 12 Februar 2020

*Hjelpemidler: Kalkulator, skrivesaker og konstanter og formler oppgitt nedenfor*

*Tid: 90 minutter*

*Oppgavesettet består av 15 flervalgsoppgaver, 4 kortsvaroppgaver og én oppgave som krever grundigere svar.*

- *For flervalgsoppgaven er det oppgitt fire mulige svar for hver oppgave - A, B, C og D. Kryss av bokstaven med det svaret du mener er riktig på svararket bakerst. Kun ett svaralternativ er rett for hver oppgave og hver oppgave teller 1 poeng hver. Ved avkrysning av mer enn ett alternativ på samme spørsmål gis 0 poeng. Det gis ikke negative poeng ved feil svar.*
- *For kortsvaroppgaven krever vi at du viser utregning og har rett svar for å få full score, totalt 2 poeng for hver oppgave*
- *Den siste oppgaven teller 5 poeng*

**Lykke til!**

---

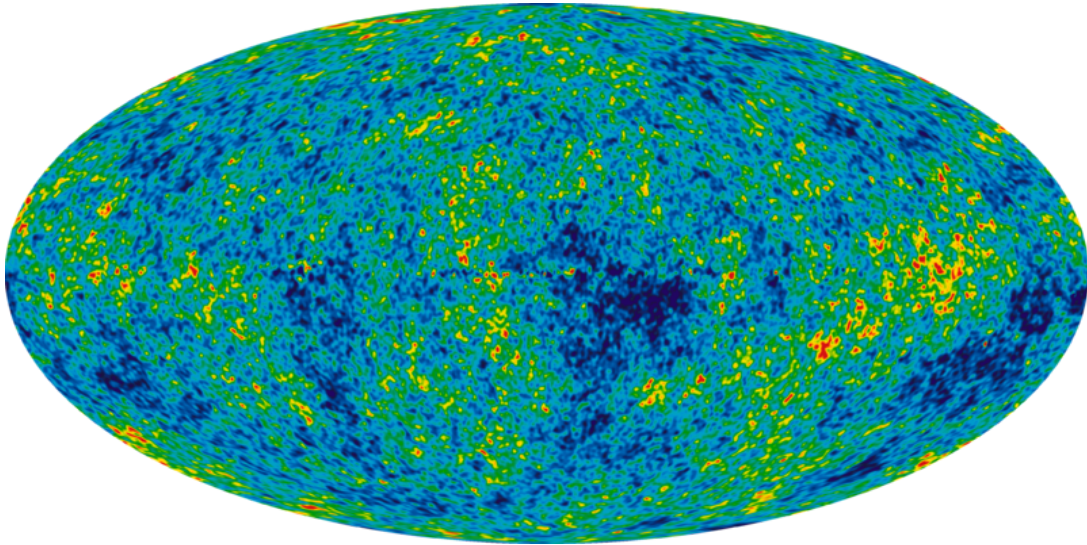
Konstanter og formler

- 1 parsec (pc)  $\approx 3,26$  lysår
- Newtons gravitasjonslov:  $F_G = GmM/r^2$ ,  $G \approx 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$
- Wiens forskyvningslov:  $\lambda_{max} = b/T$ ,  $b \approx 2,9 \times 10^6 \text{ nm}\cdot\text{K}$
- Stefan-Boltzmanns lov:  $F = \sigma T^4$ ,  $\sigma \approx 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}^4$
- Tilsynelatende størrelsesklasse:  $m = -2,5 \log (F/F_0)$
- Hubbles lov:  $v = H_0 d$ ,  $H_0 \approx 73 \text{ km}/\text{s}/\text{Mpc}$
- AU: "Astronomical unit" - Avstanden fra sola til jorda

- 1) Hvilken av følgende er *ikke* en grunn til at astronomiske observatorier ofte blir bygget på fjelltopper?
  - A) Ved å komme over deler av jordens atmosfære er det mulig å observere lys med bølgelengder som ellers ville blitt blokkert av atmosfæren
  - B) Avhengig av værforholdene kan fjelltopper av og til befinne seg over tåke og lave skyer som i lavlandet blokkerer lyset fra verdensrommet.
  - C) Turbulens i atmosfæren gir uskarpe bilder (dårlig "seeing"), og på noen fjelltopper kan det være mindre turbulens enn i lavlandet.
  - D) På fjelltopper befinner man seg merkbart nærmere noen astronomiske objekter som f.eks. månen.
  
- 2) Hvilken planet har høyest gjennomsnittlig overflatetemperatur, og hvorfor?
  - A) Venus, fordi den har en tett atmosfære som for en stor del består av karbondioksid
  - B) Mars, på grunn av den røde fargen
  - C) Jorden, på grunn av global oppvarming
  - D) Merkur, fordi den ligger nærmest solen
  
- 3) Hvilken av følgende egenskaper er nødvendig for at det skal forekomme nordlys (polarlys) på en planet?
  - A) Planeten må befinne seg nær solen
  - B) Den må ha et omfattende skydekke
  - C) Den må ha et magnetfelt
  - D) Den må ha polkalotter som inneholder is
  
- 4) Unnsliplingshastigheten fra en planet er avhengig av
  - A) Din masse og massen til planeten
  - B) Din masse og radien til planeten
  - C) Planetens masse og radius
  - D) Din masse og planetens omløpstid
  
- 5) Newtons gravitasjonslov sier at når avstanden øker, vil gravitasjonskraften
  - A) Minke omvendt proporsjonalt med avstanden
  - B) Minke omvendt proporsjonalt med kvadratet av avstanden
  - C) Øke proporsjonalt med kvadratet av avstanden
  - D) Holde seg konstant

- 6) Ved å måle vinkelhøyden over horisonten til nordstjerna (Polaris) kan vi finne ut
- A) Avstanden til Polaris
  - B) Jordas rotasjonshastighet
  - C) Hvilken lengdegrad vi befinner oss på
  - D) Hvilken breddegrad vi befinner oss på
- 7) Pluto har en omløpstid på 247,7 år rundt Sola. Hva er den store halvaksen for Plutos bane?
- A) 39,4 AU
  - B) 79,4 AU
  - C) 129,4 AU
  - D) 219,4 AU
- 8) Molekylet CO sender ut en spektrallinje med frekvens på 230538,0 MHz, målt i laboratoriet hvor strålekilden og observatøren står i ro i forhold til hverandre. Den samme spektrallinjen observeres fra en stjernedannende molekylsky hvor den har frekvens 230498,0 MHz. Med hvilken hastighet beveger skyen seg i forhold til observatoriet?
- A) 150 m/s
  - B) 2 km/s
  - C) 10 km/s
  - D) 52 km/s
- 9) Mellom jorda og månen er det et punkt hvor gravitasjonskreftene fra jorda og fra månen er like sterke men motsatt rettet. Massen til jorda er litt over 81 ganger så stor som massen til månen. Hvor er dette punktet?
- A) 1/10 fra jorda mot månen
  - B) 1/9 fra jorda mot månen
  - C) 1/9 fra månen mot jorda
  - D) 1/10 fra månen mot jorda.
- 10) En romsonde med masse  $m$  blir sluppet fra en høyde  $h$  over Mars (Mars har atmosfære, men veldig mye tynnere enn på jorda, så vi kan se bort fra den). Hva blir hastigheten til sonden rett før den treffer overflaten? ( $g$  er tyngdeakselerasjonen på Mars)
- A)  $0.5 mgh$
  - B)  $mgh$
  - C)  $\sqrt{2gh}$
  - D)  $2mgh$

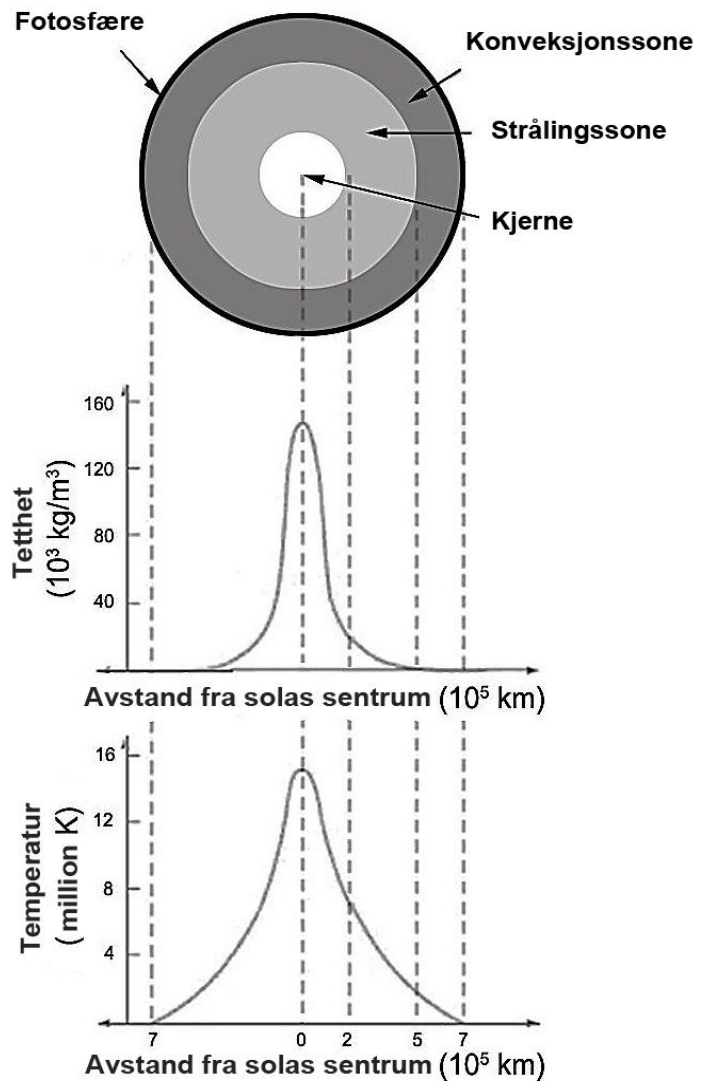
11) Hva stemmer *ikke* om den kosmologiske bakgrunnsstrålinga?



- A) Bildet viser et babybilde av universet
  - B) Bildet viser stråling som ble sendt fra punktet hvor Big Bang skjedde
  - C) Bildet viser temperaturforskjeller laget av kvantefluktuasjoner
  - D) Strålingen ble sendt ut i det universet fikk lav nok temperatur til at det kunne dannes nøytrale atomer
- 12) En grunn til at vi tror at en betydelig andel av universet består av mørk materie er
- A) At retningen til Merkurs elliptiske bane rundt sola endrer seg gradvis over tid.
  - B) At banehastigheten til stjernene i andre galakser ikke avtar like raskt med avstand ut fra sentrum som vi ville forvente.
  - C) At vår nabogalakse Andromeda er på vei mot oss.
  - D) At universet utvider seg raskere og raskere.
- 13) Betelgeuse har vært i media i det siste fordi lysstyrken fra stjernen har sunket. Hva er den mest sannsynlige forklaringen til dette?
- A) At stjernen holder på å slukne
  - B) Lysstyrken til stjernen varierer periodisk, og nå gjennomgår den et uvanlig lyssvakt minimum
  - C) At stjernen helt sikkert allerede har eksplodert i en supernovaeksplosjon.
  - D) Forandringer i atmosfæren vår forstyrrer målingene

14) Figuren til høyre representerer et tverrsnitt gjennom midten av sola. Den midterste grafen viser tettheten til sola og den nederste viser solas temperatur, begge som en funksjon av avstanden fra solas sentrum (i henhold til den gjeldende modellen av sola). Ved å analysere grafene, hvilken påstand er feil?

- A) Strålingssonen er tykkest og inneholder derfor 90 prosent av solas masse.
- B) Ved 300.000 km fra solas sentrum har plasmaet samme tetthet som vann.
- C) Temperaturen i solas indre synker med omkring 5 millioner Kelvin i intervallet fra 200.000 km til 500.000 km fra solas sentrum.
- D) Den gjeldende modellen av sola sier at temperaturen i solas sentrum overstiger 12 millioner Kelvin.



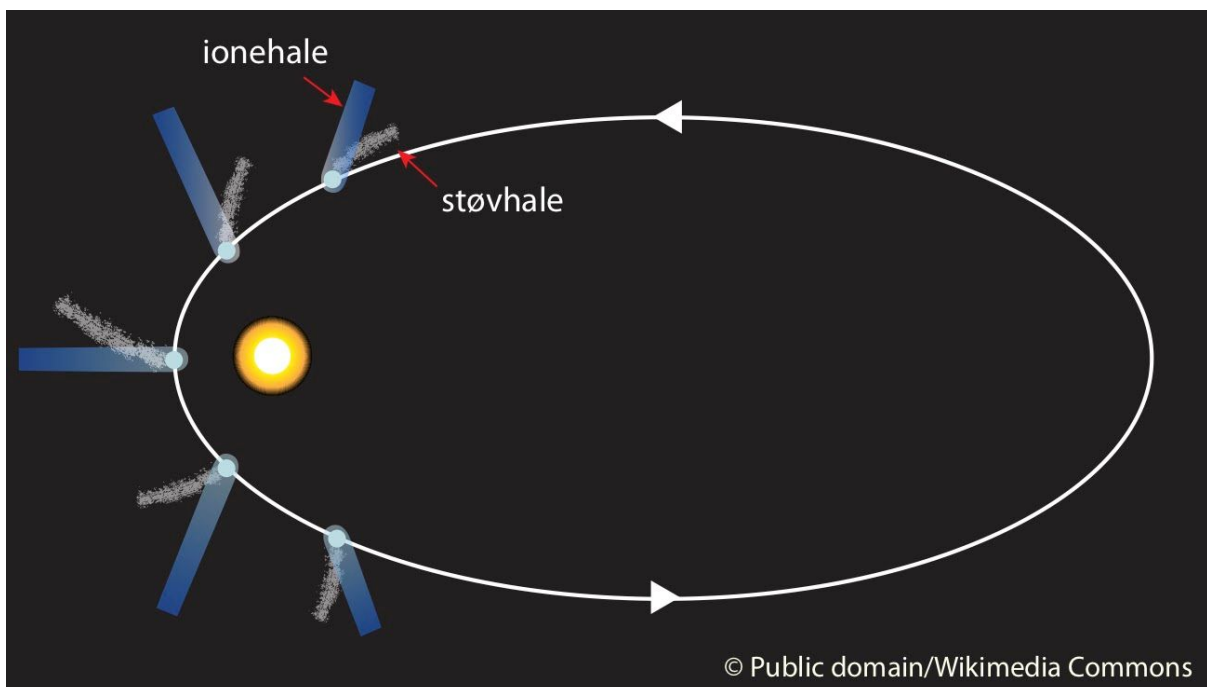
15) Et romteleskop som har et hovedspeil med diameter 5m observerer lys med bølglengde 800nm. De minste detaljene dette teleskopet kan studere har en vinkelutstrekning på  $4 \times 10^{-2}$  buesekunder (ett buesekund = 1/60 bueminutter = 1/3600 grader).

Hvor store er de minste detaljene man kan observere med en parabolantenne med diameter 9 meter som observerer radiobølger med bølglengde 21cm ?

- A) 2.9 grader
- B) 10 grader
- C) 1,3 bueminutter
- D)  $6,7 \times 10^{-9}$  buesekunder

### Kort svaroppgaver (2 poeng hver):

- 16) "Når vi gjør astronomiske observasjoner ser vi tilbake i tid" - forklar kort hva som menes med denne påstanden
- 17) Saturns måne Europa har en radius og masse som er henholdsvis ca.  $1/4$  og  $1/125$  ganger jordas radius og masse. Hva er tyngdeakselerasjonen  $g_{Europa}$  på Europa i forhold til tyngdeakselerasjonen  $g_{jord}$  på jorda? Vis hvordan du kommer frem til svaret.
- 18) Temperaturen i delene av skylaget på Saturn som vi kan se er omtrent 95 K. Gitt at den kosmiske bakgrunnsstrålingen har en temperatur på 2,7 K og stråler mest ved bølgelengden 1,1 mm, ved hvilken bølgelengde sender Saturn ut mest stråling?
- 19) Kometer har to eller flere haler: en ionehale av ladede partikler og haler av elektrisk nøytral gass eller nøytrale støvpartikler. Halene peker alltid bort fra sola selv når kometen er på vei utover i solsystemet, se figuren under. Hvordan forklarer vi dette for a) ionehalen og b) de halene som består av nøytrale partikler?



### Langsvaroppgave (5 poeng):

20) Ragnar oppdaget en dobbeltstjerne som består av en veldig lett stjerne A som går i en sirkulær bane rundt en massiv stjerne B ( $m_A \ll m_B$ ). Han målte hastighetskomponenten til stjerne A langs synslinja ved hjelp av Dopplerforskyvning. Målingene hans finner du i tabellen under. Alle målingene ble gjort 17. Juli 2009, og tidene er gitt i universaltid (UT).

- Lag et plott med dataene, og mål omløpsperioden til stjerne A ut fra plottet. (2 poeng)
- Bruk informasjonen fra a) til å regne ut massen til stjerne B i antall solmasser. (2 poeng)
- Er variasjonene symmetriske om tidsaksen? Hvis ja; hva betyr det? Hvis nei; hva er grunnen? (1 poeng)

Tid (UT)	Hastighet (km/s)	Tid (UT)	Hastighet (km/s)
01:35:18	-60	02:37:21	98
01:41:31	-180	02:43:34	186
01:47:44	-292	02:49:51	290
01:53:57	-421	02:56:04	336
01:59:45	-438	03:02:22	344
02:06:13	-417	03:08:35	350
02:12:26	-361	03:14:48	294
02:18:41	-266	03:21:01	186
02:24:54	-163	03:27:15	130
02:31:07	-32	03:33:28	-40







# Norsk Astronomiolympiade

## Løsning runde 2

skoleåret 2019/2020

### Flervalgsoppgaver

---

1.  A  B  C  D

2.  A  B  C  D

3.  A  B  C  D

4.  A  B  C  D

5.  A  B  C  D

6.  A  B  C  D

7.  A  B  C  D

8.  A  B  C  D

9.  A  B  C  D

10.  A  B  C  D

11.  A  B  C  D

12.  A  B  C  D

13.  A  B  C  D

14.  A  B  C  D

15.  A  B  C  D

16.

Fordi lyset har en endelig hastighet på 300.000 km/s vil vi over store avstander observere forholdene slik de var tidligere i universets historie og registrere merkbare forskjeller sammenlignet med dagens univers.

17.

For gravitasjonskraft på overflaten har vi:

$$F = ma = mg = G \frac{Mm}{r^2}$$

$$\text{Det oppgis: } M_{Europa} = \frac{M_{jord}}{125} \quad , \quad r_{Europa} = \frac{r_{jord}}{4}$$

$$mg_{Europa} = G \frac{(M_{jord}/125) \cdot m}{(r_{jord}/4)^2} = \frac{16}{125} G \frac{M_{jord}}{r_{jord}^2} = \frac{16}{125} g_{jord}$$

J: Tyngdeakselerasjonen er ca. 13% av tyngdeakselerasjonen på jorden.

18.

Det er oppgitt følgende temperaturer for henholdsvis kosmisk bakgrunnsstråling (CMB) og Saturn:  $T_{CMB} = 2,7 \text{ K}$  og  $T_{Saturn} = 295 \text{ K}$

Wiens forskyvningslov:  $\lambda_{max} = b/T$ ,  $b \approx 2,9 \times 10^6 \text{ nm}\cdot\text{K}$

$$\rightarrow \frac{\lambda_{max,Saturn}}{\lambda_{max,CMB}} = \frac{T_{CMB}}{T_{Saturn}}$$

$$\lambda_{max,Saturn} = \lambda_{max,CMB} \cdot \frac{T_{CMB}}{T_{Saturn}} = 1,1 \text{ mm} \cdot \frac{2,7 \text{ K}}{295 \text{ K}}$$

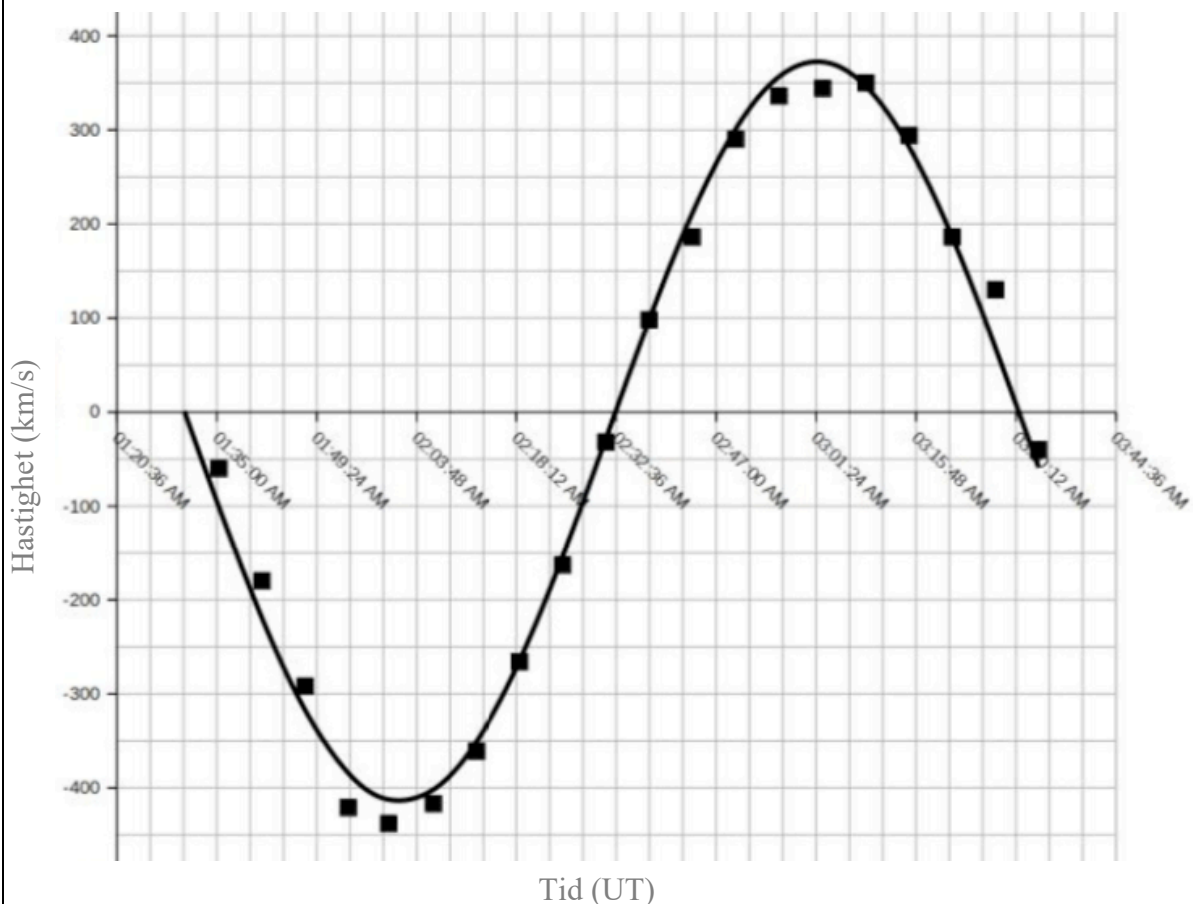
$$= 0,031 \text{ mm} = 31 \mu\text{m}$$

## 19.

a) Solvinden er en strøm av elektrisk ladde partikler som beveger seg utover fra solen med hastigheter på typisk flere hundre km/s, med et tilhørende magnetfelt. De ladde ione-partiklene fra kometen blir ført i retningen vekk fra solen ved at de ladde solvind-partiklene som strømmer hurtig fra solen påvirker de ladde ionene fra kometen gjennom elektromagnetiske krefter slik at noe av bevegelsesmengden overføres fra partiklene i solvinden til partiklene som danner ionehalen.

b) Nøytrale partikler blir påvirket både av solas tyngdekraft og *strålingstrykket* fra fotoner som sola sender ut og treffer partiklene. For de letteste partiklene er det kraften fra strålingstrykket som dominerer, slik at partiklene blir skjøvet utover fra sola.

## 20a.



Fra grafen ser vi at omløpstiden til stjerne A er  $T_A \sim 120$  minutter.

**20b.**

Amplituden (dvs. det positive eller negative utslaget av hastigheten i forhold til middelveiden) er  $v_A = 393$  km/s.

Sentripetalkraften på stjerne A i band rundt stjerne B er lik gravitasjonskraften mellom stjernene:

$$\begin{aligned}\therefore \frac{m_A v_A^2}{r} &= \frac{GM_B m_A}{r^2} \\ \therefore M_B &= \frac{v_A^2 \times r}{G} \\ v_A &= \frac{2\pi r}{T_A} \\ \therefore r &= \frac{v_A T_A}{2\pi} \\ M_B &= \frac{v_A^3 T_A}{2\pi G} \\ &= \frac{(393 \times 10^3)^3 \times 120 \times 60}{2\pi \times 6.674 \times 10^{-11}} \\ \therefore M_B &= 1.04 \times 10^{30} \text{ kg} \approx 0.52 M_\odot\end{aligned}$$

Hvis vi tillater et avvik  $\pm 3$  minutter i beregnet periode og  $\pm 10$  km/s i hastighetsamplitude, vil de beregnede verdiene for  $M_B$  ende opp i intervallet fra  $0,93 \times 10^{30}$  kg til  $1,15 \times 10^{30}$  kg.

**20c.**

Plottet er ikke symmetrisk, fordi hele dobbeltstjernesystemet beveger seg mot oss. Kurvetilpasningen gir  $v_{CM} \approx 21$  km/s.