

Norsk Olympiade i Astronomi og Astrofysikk



Finaleoppgaver 2022/2023

Dato: Fredag, 24. mars 2023

Tillatte hjelpemidler: kalkulator, penn/blyant, konstanter og formuler gitt nedenfor

Tid: maks. 150 minutter

Del 1 (15 flervalgsoppgaver): Det er fire mulige svaralternativ for hver oppgave - A, B, C og D. Bruk svararket for å markere ditt svar. Det er bare ett riktig svar per oppgave og alle oppgaver gir den samme poengsummen. Dersom flere enn ett alternativ er valgt, gis det null poeng for den oppgaven. Feil svar gir ikke negative poeng.

Del 2 (4 åpne oppgaver): Begrunn svarene dine (vennligst skriv tydelig), og skriv navnet ditt på alle ark du leverer.

Lykke til!

Constants and formulas:

- 1 parsec (pc) ≈ 3.26 light years $\approx 206\,265$ AU
- Newtons gravitasjonslov: $F = GmM/r^2$, $G \approx 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg}/\text{s}^2$
- Keplers tredje lov: $a^3/P^2 = G(M + m)/4\pi^2$
- Wiens forskyvningslov: $\lambda_{\max} = b/T$, $b \approx 2.9 \cdot 10^6 \text{ nm} \cdot \text{K}$
- Stefan-Boltzmann loven: $F = \sigma T^4$, $\sigma \approx 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}^4$
- Tilsynelatende størrelsesklasse: $m = -2.5 \log (F/F_0)$
- Hubbles lov: $v = H_0 d$, $H_0 \approx 73 \text{ km/s/Mpc}$
- Jordas masse og radius: $5.97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ and 6371 km

Del 1: Flervalgsoppgaver (1 poeng per oppgave)

- 1) $N \geq 2$ punktmasser, der hver av dem har masse M/N , er spredt uniformt rundt en ring med radius R (slik at hvert tilstøtende par dekker $360^\circ/N$ av sirkelen). Hva er den totale gravitasjonskrafta F de påfører en testmasse m posisjonert på en høyde h direkte over ringens sentrum?

a) $F = \frac{GMm}{h^2}$

b) $F = \frac{GMm}{R^2+h^2}$

c) $F = \frac{GMmh}{(R^2+h^2)^{3/2}}$

d) $F = \frac{GMm\sqrt{R^2+h^2}}{h^3}$

- 2) Hva hadde skjedd med banene til planetene dersom Sola plutselig ble til et svart hull med Schwarzschildradius $R_s = 2GM_\odot/c^2$?

- a) De beveger seg spiralt innover til de når en ny, mindre og stabil bane.
- b) De beveger seg spiralt innover til de er svelgt opp av det svarte hullet.
- c) De forblir uendret.
- d) De er dyttet utover.

- 3) Dersom Jorda slutter å gå i bane rundt Sola, hvor lang tid hadde det tatt før den kræsja i Sola?

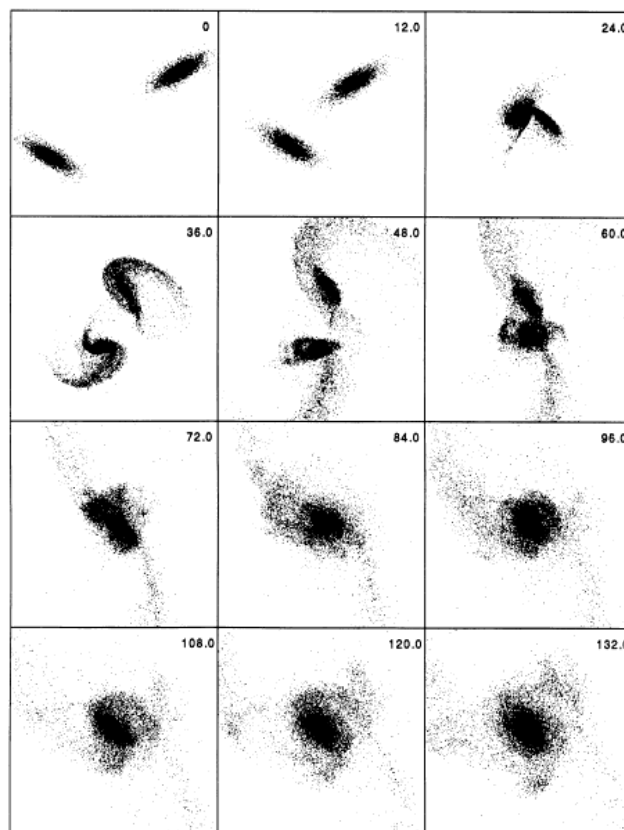
- a) 64.5 dager
- b) 129 dager
- c) 182.5 dager
- d) 365 dager

- 4) I dag morges (konkurransedagen, 24. mars 2023), observerte vi en stjerne som gikk opp 03:40 siderisk tid. Omtrent når kommer den samme stjerna til å gå opp om 10 dager (3. april 2023)?
- a) 03:00
 - b) 03:20
 - c) 04:00
 - d) 04:20
- 5) Olbers' paradoks handler om hvorfor nattehimmelen er mørk. Gitt at universet vårt er uendelig og homogent, bør hver synslinje slutte på overflaten av en stjerne, noe som impliserer at nattehimmelen bør være veldig lys uten et eneste mørkt punkt mellom stjernene. Dette stemmer selvfølgelig ikke, og det er en del forklaringer som prøver å gi en løsning på paradokset. Hvilken av disse er **ikke** en gyldig forklaring?
- a) Universet er altfor ungt og lyset fra fjerne stjerner har ikke rukket å nå oss ennå.
 - b) Gitt at universet vårt utvider seg konstant, blir lyset fra fjerne stjerner forskjøvet mot røde bølgelengder såpass mye at det blir usynlig.
 - c) Det er såpass mye kosmisk støv at det utstrålte lyset blir fullstendig absorbert før det rekker å nå oss.
 - d) Stjerners levetid er altfor kort for at lyset de stråler ut skal rekke å fylle det store tomrommet mellom to stjerner i betydelig grad.
- 6) Hvor mange stjerner på hele himmelen har en negativ tilsynelatende størrelsesklasse i det synlige spekteret?
- a) 3
 - b) 4
 - c) 5
 - d) 6

7) Et tog kjørte østover langs den 30-ende breddegradslinja med en hastighet på 120km/h på en vakker solrik første vårdag, 20. mars. Gitt at en dag er 24^t lang, i hvor lang tid kommer en passasjer på toget til å kunne se sollys?

- a) 11^t5^{min}
- b) 12^t
- c) 12^t35^{min}
- d) 13^t10^{min}

8) Hva er det som er fremstilt på følgende øyeblikksbilder fra en N -legeme simulasjon fra 1993 med $N = 16\,384$ partikler?



- a) Kollisjon mellom to elliptiske meteoritter som fører til en akkumulasjon av kosmisk støv.
- b) To spirale galakser som sammenslås til en elliptisk galakse.
- c) Formasjonen av et svart hull.
- d) Et dobbeltstjernesystem sin kollaps.

- 9) Hvorfor ser en polstjerne ut som om den er stasjonær på himmelen?
- a) Jorda beveger seg ikke i forhold til polstjerna.
 - b) Jorda sin rotasjonsakse er vinkelrett på polstjerna.
 - c) Polstjerna er posisjonert nesten langs Jordas rotasjonsakse.
 - d) Både Jorda og stjerna har den samme hastigheten i Melkeveien.

- 10) Hvilket av følgende fenomener hadde **ikke** vært nyttig for å estimere kosmiske avstander hadde universet vårt ikke utvidet seg?

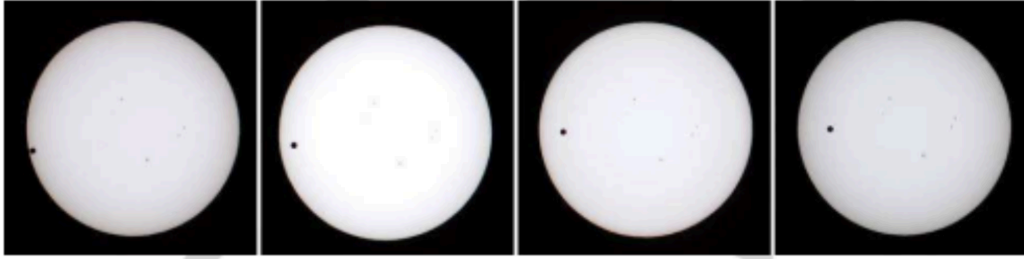
- a) Av og til kan man se Venus passere soldisken.
- b) Stjerner med ingen egenbevegelse virker som at de skifter posisjonen sin når de er observert før og etter seks måneder.
- c) Lys fra stjerner er dopplerforskjøvet.
- d) Alle supernovaer av type Ia har den samme absolutte størrelsesklassen.

- 11) Mange bilder er tatt over en viss tidsperiode mot bakgrunnsstjernene og kombinert til å gi oss følgende bilde. Hva er vist her?



- a) Retrograd bevegelse
- b) En måne sin bane rundt sin hjemmeplanet.
- c) Visuelle artefakter som oppstår på grunn av Jordas rotasjon.
- d) Et bevis på den ptolemeiske modellen.

12) Hva er fremstilt på bildet under?



- a) Solflekkaktivitet.
- b) En planet som passerer foran Sola.
- c) Utsikten fra det første lagrangepunktet av de hvite og svarte legemene.
- d) En krater på Månen.

13) Hva er fremstilt på bildet under?



- a) Polaronrådet på Mars
- b) En formørkelse
- c) Okkultasjon av Saturn
- d) Passeringen til Venus

14) Hvilket av følgende likningssett bestemmer posisjonen til en satellitt m' på lagrangepunktet fra ett massivt legeme m som går i bane rundt et enda større legeme M , der $M \gg m \gg m'$?

- a) Newtons andre lov på m' , og Keplers tredje lov på m' .
- b) Newtons andre lov på m' , og Keplers tredje lov på m .
- c) Newtons andre lov på M , og Keplers tredje lov på m' .
- d) Newtons andre lov på M , og Keplers tredje lov på m .

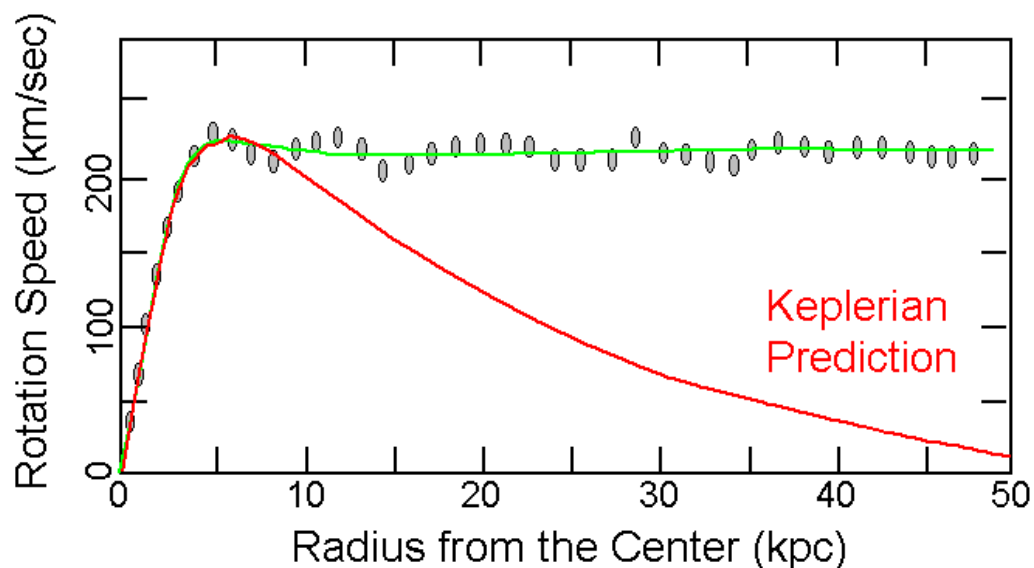
15) Universet består av materie, stråling og mørk energi, der hver av disse har vært det dominante bidraget til universets tetthet i forskjellige tidsepoker. Fra begynnelsen av universet til i dag, hvilken rekkefølge har de gjort dette i?

- a) Stråling $\rightarrow$ materie $\rightarrow$ mørk energi
- b) Materie $\rightarrow$ mørk energi $\rightarrow$ stråling
- c) Mørk energi $\rightarrow$ materie $\rightarrow$ stråling
- d) Mørk energi $\rightarrow$ stråling $\rightarrow$ materie

Part 2: Åpne spørsmål (poengsummen for hvert spørsmål er spesifisert i spørsmålet)

- 1) Denne *galakserotasjonskurven* som det er tatt sfærisk gjennomsnitt av viser banehastigheter v av stjerner på en avstand r fra et galaksesenter sammenliknet med sine hastigheter som er estimert ved hjelp av stjernenes masser.

Observed vs. Predicted Keplerian



- a) (0.5 pts) Hva er massen M innenfor $r < 8$ kpc i solmasser?
 - b) (1.0 pts) Hva er den estimerte hastighetsprofilen $v(r)$ for $r > 8$ kpc, hvis vi antar at mesteparten av massen er innenfor 8 kpc?
 - c) (1.0 pts) Hva er den faktiske massetetthetsprofilen $\rho(r)$ for $r > 8$ kpc?
 - d) (0.5 pts) Hva er den mest aksepterte forklaringa for dette avviket mellom den observerte og den estimerte hastighetsprofilen?
- 2) (3 pts) Om du befant deg på Saturns overflate, kunne du noen gang klare å se en fullstendig solformørkelse forårsaket av Titan, en av Saturns måner? Begrunn svaret ditt. Titans diameter er gitt til å være 5150 km, og den går i bane rundt Saturn på en avstand på 1 222 000 km. Saturns diameter er 120 000 km og den går i bane rundt Sola på en avstand på 9.5 AU. Solas vinkeldiameter sett fra Jorda er 0.5° .

3) Pulsarer er en slags hurtigroterende høytetthetsstjerner som er kjent for sine regelmessige strålingspulser. De blir også kalt for “universets fyrstårn” av og til. I denne oppgaven, antar vi at pulsarene er sfærer med uniform tetthet som er gravitasjonsbundet.

a) (2 pts.) Rotasjonsperioden til en pulsar var målt til å være $P = 1.5$ ms. Hva slags grense er det denne perioden setter på tettheten til pulsaren?

b) (1 pt) Pulsarens masse er målt til å være $1.5 M_{\odot}$.

Hvilken grense kan vi sette på pulsarens radius?

4) På det følgende stumme stjernebildekartet (på en egen side) skal du:

a) (1 pt) Markere og nevne minst ett stjernebilde som hører til zodiaken.

b) (1pt) Markere minst to stjerner i stjernebildet Aquila ved bruk av Bayer-betegnelser (α , β , γ ...)

Studentnavn:

