

Norsk Olympiade i Astronomi og Astrofysikk

Oppgavesett (og Løsning) runde 1

Skoleåret 2024/2025

Dag: valgfri dag i uke 42-45 (14. oktober – 8. november 2024)

Hjelpemidler: Kalkulator, skrivesaker og konstanter og formuler oppgitt nedenfor

Tid: 90 minutter

Oppgavesettet består av flervalgsoppgaver. Det er 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 alle spørsmål teller like mye. Ved avkrysning av mer enn ett alternativ på samme spørsmål gis 0 poeng. Det gis ikke negative poeng ved feil svar.

Oppgavesettet har 9 sider, og det er 20 oppgaver.

Lykke til!

Konstanter og formuler

- 1 parsec (pc) $\approx 3,26$ lysår
- 1 astronomisk enhet (AU) $\approx 1,5 \cdot 10^{11}$ m
- Newtons gravitasjonslov: $F_G = GmM/r^2$, $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg/s}^2$
- Wiens forskyvningslov: $\lambda_{\text{max}} = b/T$, $b \approx 2,9 \cdot 10^6 \text{ nm} \cdot \text{K}$
- Stefan-Boltzmanns lov: $F = \sigma T^4$, $\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$
- Tilsynelatende størrelsesklasse: $m = -2,5 \log(F/F_0)$
- Hubbles lov: $v = H_0 d$, $H_0 \approx 73 \text{ km/s/Mpc}$
- Doppler-formelen: $v/c = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$
- Rayleigh-kriteriet $= 1,22 \cdot \lambda/D$ rad

- 1) Hvilket astronomisk fenomen kan man se på bildet tatt på Svalbard i mars 2015 nedenfor? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)

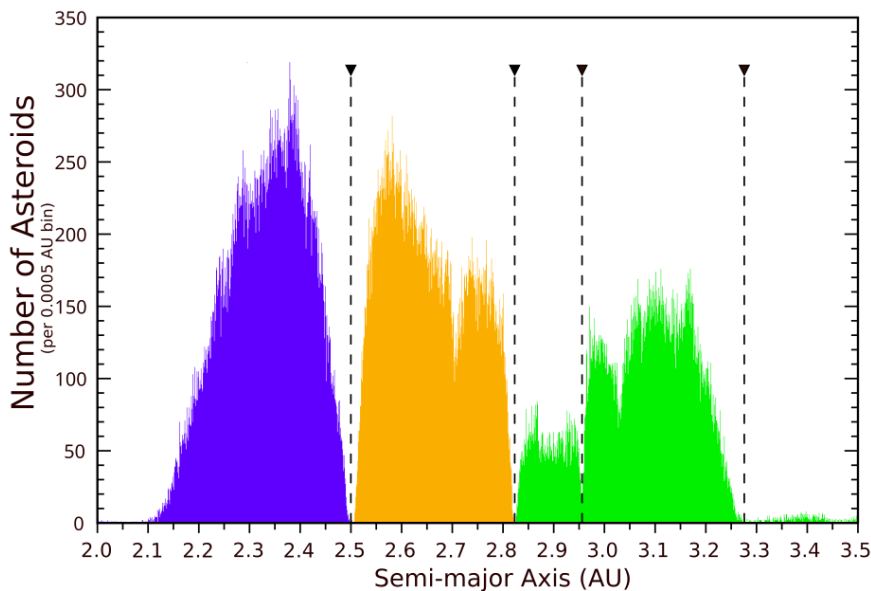


- a) **Total solformørkelse**
 - b) Total måneformørkelse
 - c) Størst solflekkeaktivitet der såpass mange solflekker er aktive at de dekker mesteparten av Sola - dette kalles også for Svarthullsol.
 - d) Kameraartefakt som oppstår når man peker rett mot Sola
- 2) I gjennomsnitt er Månen og Sola 380.000 km og 150.000.000 km unna Jorda. Solas radius er omtrent 700.000 km. Hva er Månens radius? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)
- a) 800 km
 - b) **1700 km**
 - c) 2500 km
 - d) 3400 km

Løsning: Vi kan utnytte det at Månen dekker omtrent 100% av Sola under en solformørkelse. Siden Månen er $150\,000/380 = 395$ ganger nærmere, må radien til månen være mindre med samme faktor:
 $700\,000\text{ km}/395 = 1700\text{ km}.$

- 3) Hva heter det høyeste punktet på himmelen rett over observatøren? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)
- a) Ekliptikken
 - b) **Senit**
 - c) Nadir
 - d) Horisont

- 4) Astronomene Giovanni Cassini og Jean Richer fant avstanden mellom Jorda og Mars sent på 1600-tallet. Begge observerte Mars i motstilling til solen og gjorde observasjoner samtidig, der en av dem var i Frankrike og den andre var i Fransk Guyana (som ligger i Sør-Amerika). Etterpå møttes de og sammenliknet sine himmelkart. Ved å bruke posisjonene til Mars som hver hadde plottet, kunne de estimere avstanden mellom Mars og Jorda. Hva heter effekten som gjør at Mars' posisjon på himmelen er lite grann annerledes på disse to stedene på Jorda? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)
- a) Presesjon
 - b) Parallakse**
 - c) Analemma
 - d) Apogé
- 5) Asteroidebeltet i Solsystemet vårt har noen områder som inneholder mange færre asteroider enn de andre områdene. Disse åpningene er markert med stiplede linjer på grafen under som viser fordelingen av asteroider som funksjon av store halvakse til deres baner. Vi kaller disse områdene for “Kirkwoods gap” og det er derfra de aller fleste jordnære asteroider kommer. Hvilket himmellegeme er ansvarlig for at dette gapet eksisterer? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)



- a) Mars
- b) Jupiter**
- c) Sagittarius A*
- d) Sola

Løsning: Åpningene representerer bestemte forhold vi kaller baneresonanser og skyldes forstyrrelser fra gravitasjonskrefter fra Jupiter, som er den første planeten utenfor asteroidebeltet. For eksempel representerer åpningen ved 2,5 AU en baneresonans på 3:1, noe som betyr at for hvert omløp Jupiter gjør rundt solen, vil en asteroide som kretser med store halvakse på 2,5 AU gjøre tre omløp.

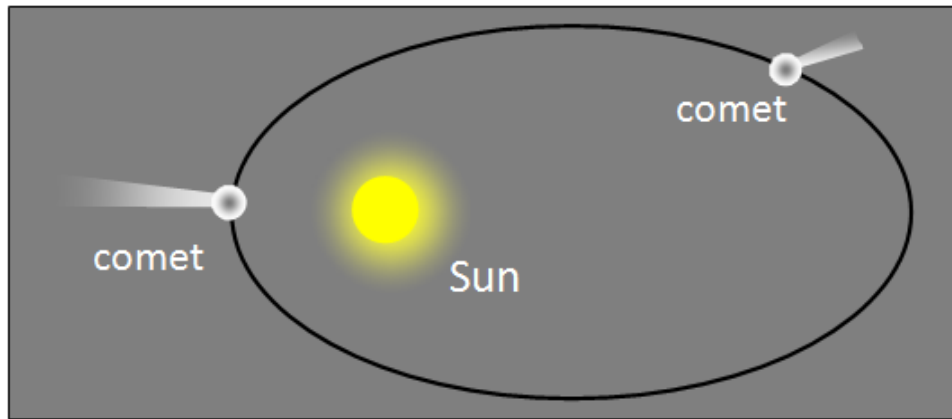
- 6) I denne oppgaven skal vi se på to forskjellige spektre. For enkelhets skyld viser vi bare hydrogenlinjene. Det øvre spektret ser vi når vi observerer hydrogen i en lab her på Jorda. Det nedre spektret kommer fra en fjern stjerne. Hvilken konklusjon kan vi trekke ut ifra disse? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)



- a) Dette er et emisjonsspekter og stjerna beveger seg mot oss.
- b) Dette er et absorpsjonsspekter og stjerna beveger seg mot oss.
- c) Dette er et emisjonsspekter og stjerna beveger seg vekk fra oss.
- d) Dette er et absorpsjonsspekter og stjerna beveger seg vekk fra oss.**

Løsning: De sorte linjene er absorpsjonslinjer av hydrogen. Absorpsjonslinjene er tydelig forskjøvet mot rødligere bølgelengder. Fra dopplereffekten vet vi at hvis lys er forskjøvet mot rødere bølgelengder, må stjernen bevege seg vekk fra oss.

- 7) Så langt i fysikk har du for det meste antatt at himmellegemers baner er perfekte sirkler. I virkeligheten er de mer elliptiske og kan beskrives ved en parameter vi kaller for “eksentrisitet”, altså hvor “utstrekt” en ellipse er i forhold til en perfekt sirkel (for eksempel vil eksentrisitet 0 bety at vi har en perfekt sirkel). Matematisk sett kan eksentrisiteten til en bane uttrykkes som forholdet mellom avstanden fra ellipsesenteret til legemet som banen går rundt (f. eks. Sola) og ellipsens lengre radius (“den store halvaksen”). Den berømte Halleys komet går i bane rundt Sola med en eksentrisitet på 0,967. Gitt dette, omtrent hvor mange ganger lengre unna Sola er Halleys komet når den er ved sitt fjerneste sammenliknet med når den er ved sitt nærmeste punkt i forhold til Sola? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)



- a) 20
- b) 40
- c) 60**
- d) 80

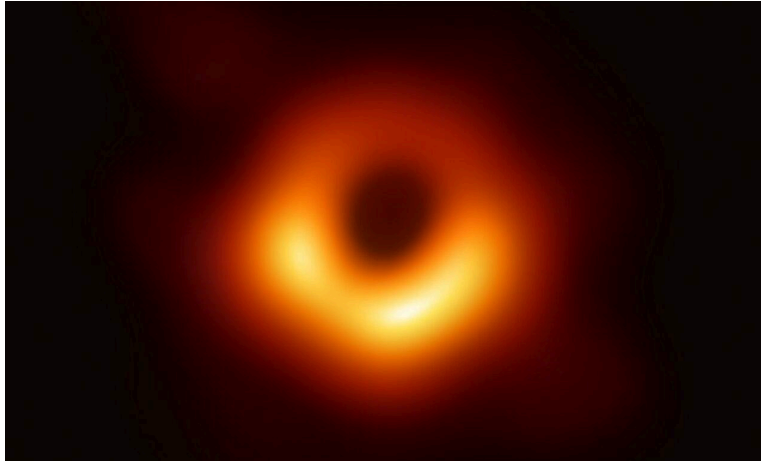
Løsning: Eksentrisiteten er gitt ved $e = \frac{f}{a}$, hvor f er avstanden mellom sentrum av ellipsen og Sola, og a er den store halvaksen. På sitt nærmeste er kometen en avstand $a - f$ fra sola, og $a + f$ når den er lengst unna Sola. Med $f = e \cdot a$ kan vi skrive forholdet mellom avstandene slik:

$$\frac{a+f}{a-f} = \frac{a+e \cdot a}{a-e \cdot a} = \frac{a(1+e)}{a(1-e)} = \frac{1+e}{1-e} = \frac{1+0,967}{1-0,967} = \frac{1,967}{0,033} \approx 59,6 \approx 60$$

- 8) De aller fleste planeter utenfor Solsystemet (eksoplaneter) er funnet ved bruk av...
- a) refleksjoner av gravitasjonsbølger som emitteres av sorte hull.
 - b) direkte observasjoner med moderne høyoppløsningsteleskoper.
 - c) formørkelser når de passerer mellom oss og sine vertsstjerner.**
 - d) lysfokusering som skjer på grunn av deres gravitasjonsfelter.

Løsning: De fleste eksoplaneter har blitt oppdaget med transittmetoden (tidligere var metoden å måle variasjoner i radialhastighet, som ikke er et alternativ her)

- 9) Hva er dette?
- a) En eksoplanet formet som en smultring.
 - b) Et direkte bilde av et sort hull.**
 - c) Strålingen fra den kosmiske mikrobølgebakgrunnen.
 - d) En delvis solformørkelse.



- 10) Hvilken av disse definisjonene samsvarer best med *en soldag* (24 timer; “et døgn” i hverdagslig språk)
- a) Nøyaktig $1/30$ av en måned.
 - b) Nøyaktig $1/365$ av et år.
 - c) Tiden Jorda tar for å rotere 360 grader rundt sin egen akse.
 - d) Tiden Sola tar for å dukke opp igjen på den samme posisjonen på himmelen.**

Løsning: Et soldøgn (24 timer) er tiden mellom to påfølgende middager. Siden Jorden roterer mens den går i bane rundt solen, bruker den 4 minutter mindre på å rotere 360 grader rundt sin egen akse (dette kalles et "siderisk døgn").

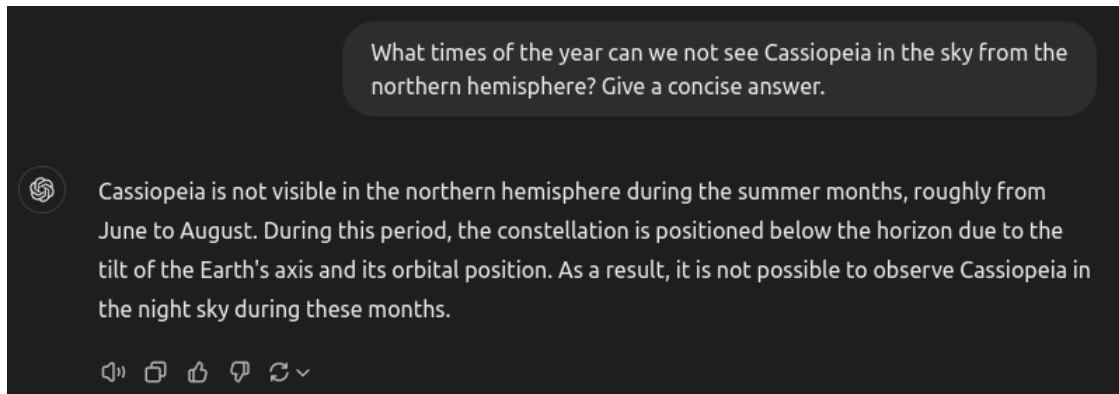
- 11) Sola skyter ut ladde partikler som vi kaller “solvind”, som interagerer med Jordas magnetfelt for å danne nordlys. Hva bestemmer fargene til nordlyset?



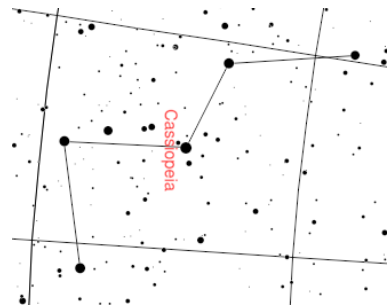
- a) Sammensetningen av Solas atmosfære.
- b) Breddegraden der solvinden treffer Jorda.
- c) Sammensetningen av Jordas atmosfære.**
- d) Den lokale orienteringen av Jordas magnetfelt.

Løsning: Fotonene som utgjør nordlyset er emittert fra atomer og molekyler i jordatmosfæren som har blitt eksitert gjennom interaksjoner med solvindpartikler. For eksempel oksygenmolekyler bidrar til grønnfarge, og både oksygen og nitrogen på forskjellige høyder kan bidra til rødt.

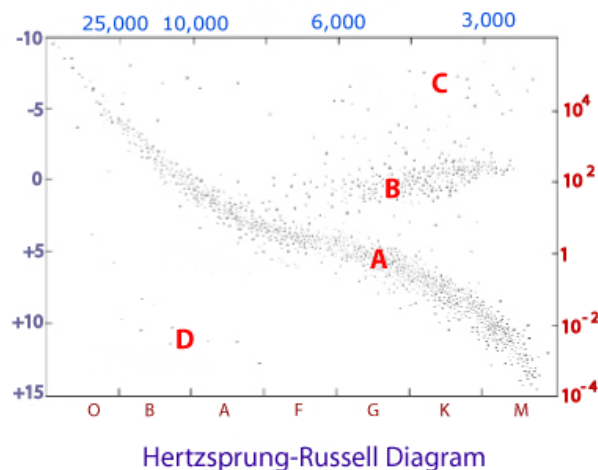
- 12) Dette er en samtale mellom spørsmålsforfatteren og ChatGPT. Hvordan ville du evaluere svaret gitt av KI-modellen? (laget av D. Veljković, vinner av Astro-OL 2021)



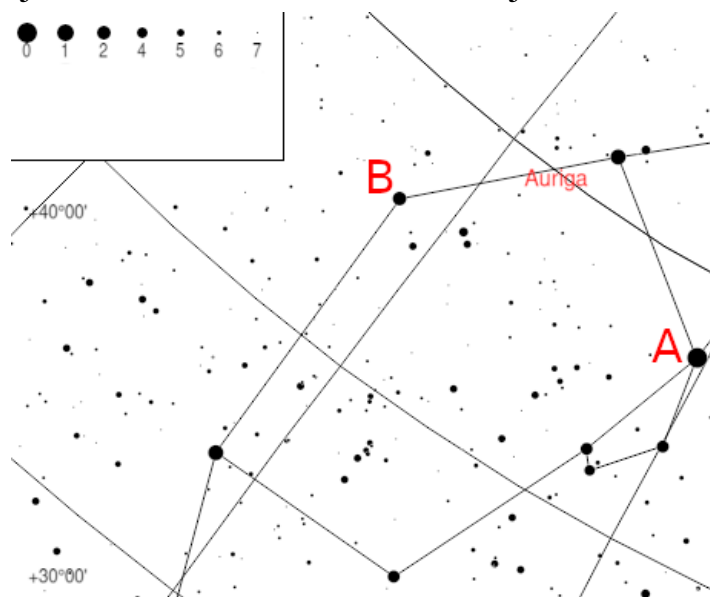
- a) Svaret er rett.
- b) Galt - Kassiopeia kan sees i sommermånedene, men ikke i vintermånedene, f. eks. desember.
- c) Galt - Kassiopeia kan aldri sees på den nordlige halvkule.
- d) **Galt - Kassiopeia kan sees gjennom hele året på den nordlige halvkule.**



- 13) Hva er de fire aksene på et HR-diagram, der stjerner er plassert basert på visse egenskaper?



- a) Spektralklasse, Avstanden fra Sola (i AU), Effektiv temperatur (i K), Absolutt størrelsesklasse
 - b) Spektralklasse, Luminositet (i solluminositeter), Effektiv temperatur (i K), Absolutt størrelsesklasse**
 - c) Spektralklasse, Luminositet (i solluminositeter), Effektiv temperatur (i °C), Tilsynelatende størrelsesklasse
 - d) Spektralklasse, Luminositet (i solluminositeter), Effektiv temperatur (i K), Avstanden fra Sola på nattehimmelen (i grader)
- 14) Hvilket av følgende alternativ kan man konkludere om stjernene A og B ut fra stjernekartet nedenfor som viser stjernebildet Auriga ?



- a) Tallverdien til den absolutte størrelsesklassen til A er høyere enn tallverdien til den absolutte størrelsesklassen til B.
- b) Tallverdien til den absolutte størrelsesklassen til A er lavere enn tallverdien til den absolutte størrelsesklassen til B.
- c) Tallverdien til den tilsynelatende størrelsesklassen til A er høyere enn tallverdien til den absolutte størrelsesklassen til B.
- d) Tallverdien til den tilsynelatende størrelsesklassen til A er lavere enn tallverdien til den absolutte størrelsesklassen til B.**

Løsning: Stjernekart viser størrelsesklasser til stjerner som sett fra Jorda, dvs. tilsynelatende størrelsesklasser. Husk at en tallmessig høyere tilsynelatende størrelsesklasse betyr at objektet skinner svakere sett fra Jorda. Siden stjerne A er større enn B på stjernekartet, lyser A sterkere enn B og A sin tilsynelatende størrelsesklasse er dermed

lavere.

- 15) Omtrent hva er den laveste temperaturen (i grader Celsius) et sort legeme kan ha slik at spekteret som kommer fra utstrålingen til legemet har et toppunkt vi klarer å se. Anta at det synlige spektret er mellom frekvensene 400 THz - 800 THz.

- a) 3600°C
- b) 3870°C
- c) 7470°C
- d) 7740°C

Løsning: Bølgelengden med maksimal intensitet av et sort legeme er gitt med Wiens forskyvningslov: $\lambda_{max} = \frac{b}{T}$, så den korresponderende temperaturen er $T = \frac{b}{\lambda_{max}}$. Lavest temperatur får man ved høyest bølgelengde. Bølgelengde er gitt ved $\lambda = \frac{c}{f}$, hvor c er lysets hastighet, så høyest bølgelengde får man med lavest frekvens. Til slutt får vi at temperaturen er $T \approx \frac{2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{\frac{3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}}{400 \cdot 10^{12} \text{ Hz}}} \approx 3870 \text{ K}$.

Bemerk at temperaturen er i Kelvin, men svaralternativene er i Celsius. Svaret blir dermed $(3870 - 273,15)^\circ\text{C} = 3596,85^\circ\text{C} \approx 3600^\circ\text{C}$.

- 16) De to stjernene i binærsystemet Gamma Leonis er 3 arcsec (vinkelavstand i buesekunder) unna hverandre på et gitt tidspunkt. Kan vi bruke et amatørteleskop med brennvidde på 50 mm for å se dem som to adskilte stjerner, og hvorfor/hvorfor ikke? Anta at lysets bølgelengde er gjennomsnittlig 550 nm og at observasjonsforholdene er ideelle ellers. (1 grad = 3600 arcsec)

- a) **Ja - Rayleighkriteriet gir en vinkel som er mindre enn vinkelavstanden, som betyr at vi kan se dem som to stjerner.**
- b) Nei - Rayleighkriteriet gir en vinkel som er mindre enn vinkelavstanden, som betyr at vi ikke kan se dem som to stjerner.
- c) Ja - Rayleighkriteriet gir en vinkel som er større enn vinkelavstanden, som betyr at vi kan se dem som to stjerner.
- d) Nei - Rayleighkriteriet gir en vinkel som er mindre enn vinkelavstanden, som betyr at vi ikke kan se dem som to stjerner.

Løsning: Rayleighs kriterium gir den minste oppløsbare detaljen, noe som betyr at dersom vi ønsker å skille stjernene, må vinkeloppløsningen gitt av kriteriet være mindre enn vinkelavstanden mellom stjernene. Kriteriet gir vinkeloppløsningen som

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D} = 1,22 \frac{550 \cdot 10^{-9}}{50 \cdot 10^{-3}} \approx 0,00001 \text{ rad} = 0,00001 \cdot \frac{180^\circ}{\pi}$$

$$\approx 0,00057^\circ = (0,00057 \cdot 3600) \text{ buesekunder} = 2,052 \text{ buesekunder}.$$

(Denne utregningen bruker avrunding i mellomutregningen. Uten avrunding viser dette seg å være 2,768 buesekunder, som fremdeles er mindre enn vinkelavstanden på 3 buesekunder som er gitt i oppgaveteksten.)

- 17) Du ser på stjernehimmelen. I én retning kan du se Ursa Major og Polaris. I motsatt retning kan du se Sydkorset. Omtrent hvor på Jorda befinner du deg?
- I den arktiske regionen.
 - I den antarktiske regionen.
 - I den tropiske regionen nord for ekvator.**
 - I den tropiske regionen sør for ekvator.

Løsning: Polaris er veldig nær himmelens nordpol og derfor kun synlig fra den nordlige halvkulen. Sydkorset er ikke synlig fra Arktis og kun synlig sør for omtrent 25 grader nordlig breddegrad.

- 18) På 1920-tallet fant både Georges Lemaître og Edwin Hubble observasjonsbevis for at galakser beveger seg vekk fra hverandre med en hastighet som er proporsjonal med avstanden mellom dem. Ved hvilken avstand vil objekter fjerne seg fra Jorda raskere enn lysets hastighet? (laget av F. Neumann, vinner av Astro-OL 2023 og 2024)
- 1 Mpc
 - 20 Mpc
 - 300 Mpc
 - 4000 Mpc**

Løsning: Ved å bruke Hubbles lov setter vi inn $v = c$ og løser for d .

$$c = H_0 d \Rightarrow d = \frac{c}{H_0} = \frac{3 \cdot 10^5 \text{ kms}^{-1}}{73 \text{ kms}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}} \approx 4000 \text{ Mpc}$$

- 19) Kosmologi er læren om universet som en helhet. For å forstå universet vårt, er det nødvendig å definere noen egenskaper det kan inneha. Isotropi vil si at universet ser likt ut i alle retninger. Homogenitet betyr at universet ser likt ut i hvert punkt. Hvilken av disse påstandene stemmer om universet vårt? (laget av F. Neumann, vinner av Astro-OL 2023 og 2024)
- Universet er både isotropisk og homogent ved store skalaer.**
 - Universet er isotropisk bare ved store skalaer, men alltid inhomogent.
 - Universet er anisotropisk og inhomogent ved alle skalaer.

d) Universet er isotropisk og homogent ved alle skalaer.

Løsning: Observasjoner av storskalafordelingen av galakser og av den kosmiske mikrobølgebakgrunnsstrålingen viser at universet kan beskrives godt som isotropisk og homogent på skalaer større enn omtrent 250 millioner lysår.

20) Sola har en overflatetemperatur på 5800 K. Forestill deg at Sola byttes ut med en stjerne med samme masse (slik at Jordas bane forblir uendret). Stjerna har imidlertid en temperatur på 2900 K og har en radius som er fire ganger større enn Sola sin. Hvordan ville den totale mengden energi som mottas av Jorda endre seg i dette scenariet?

- a) Jorda ville fortsatt motta den samme mengden energi.
- b) Jorda ville motta fire ganger så mye energi.
- c) Jorda ville motta halvparten av energien.
- d) Jorda ville motta dobbelt så mye energi.

Løsning: Siden overflatetemperaturen til stjerna er halvparten av Sola sin, vil forholdet mellom luminositetene være

$$\frac{L_{\odot}}{L_{star}} = \left(\frac{R_{\odot}}{R_{star}}\right)^2 \cdot \left(\frac{T_{\odot}}{T_{star}}\right)^4 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 \cdot 2^4 = 1, \text{ altså vil Jorda motta den samme mengden energi.}$$