



Norsk Astronomiolympiade

Oppgavesett (og Løsning) runde 1

skoleåret 2022/2023

Dag: valgfri dag i uke 43-45 (24. oktober – 13. november 2022)

Hjelpemidler: Kalkulator, skrivesaker og konstanter og formler 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 avkryssning av mer enn ett alternativ på samme spørsmål gis 0 poeng. Det gis ikke negative poeng ved feil svar.

Oppgavesettet har 7 sider, og det er 25 oppgaver.

Lykke til!

Konstanter og formler

- 1 parsec (pc) $\approx 3,26$ lysår
- Newtons gravitasjonslov: $F_G = G mM/r^2$, $G \approx 6.67 \cdot 10^{-11}$ m³/kg/s²
- Wiens forskyvningslov: $\lambda_{\max} = b/T$, $b \approx 2.9 \cdot 10^6$ nm·K
- Stefan-Boltzmanns lov: $F = \sigma T^4$, $\sigma \approx 5.67 \cdot 10^{-8}$ W/m²/K⁴
- Tilsynelatende størrelsesklasse: $m = -2.5 \log(F/F_0)$
- Hubbles lov: $v = H_0 d$, $H_0 \approx 73$ km/s/Mpc
- Dopplerformelen: $v/c = (\lambda - \lambda_0) / \lambda_0$
- Rayleigh-kriteriet: $= 1.22 \cdot \lambda/D$ radianer
- Lyshastigheten $c = 299792458$ m/s

1. Hvem var den første som brukte et teleskop til å gjøre astronomiske oppdagelser?
 - a. Nicolaus Copernicus
 - b. Galileo Galilei**
 - c. Tycho Brahe
 - d. Isaac Newton

Løsning: b. Galileo Galilei

2. Hva er en planetarisk tåke?
 - a. Et skall av gass som dannes når en rød kjempestjerne kaster av seg de ytterste lagene idet stjerna er i ferd med å omdannes til en hvit dverg.**
 - b. Tåke på en planet (f.eks. morgentåken som ofte kan observeres langs randen til Mars).
 - c. En sky av støv og gass hvor det dannes planeter.
 - d. Restene etter en supernovaeksplosjon.

Løsning: a. Et skall av gass som dannes når en rød kjempestjerne kaster av seg de ytterste lagene idet stjerna er i ferd med å omdannes til en hvit dverg.

3. Hvilket av disse tallene er nærmest Universets alder?
 - a. 1,3 millioner år.
 - b. 13 millioner år.
 - c. 1,3 milliarder år.
 - d. 13 milliarder år.**

Løsning: d. 13 milliarder år. Hvis elevene vet at solens alder er omkring fem milliarder år kan de lett se at det eneste tallet som er større enn dette er 13 milliarder år. Kjennemelodien til "The Big Bang Theory" kan også være til hjelp.

4. Hvilken prosess foregår inni kjernen til alle hovedseriestjerner?
 - a. Fisjon av uran til krypton og barium.
 - b. Fusjon av karbon til nitrogen og oksygen.
 - c. Fusjon av helium til karbon.
 - d. Fusjon av hydrogen til helium.**

Løsning: d. Fusjon av hydrogen til helium

5. Hvilken av følgende er ikke en grunn til å bruke romteleskoper?
 - a. Teleskoper i verdensrommet gir skarpere bilder fordi de ikke blir påvirket av turbulens i jordatmosfæren.

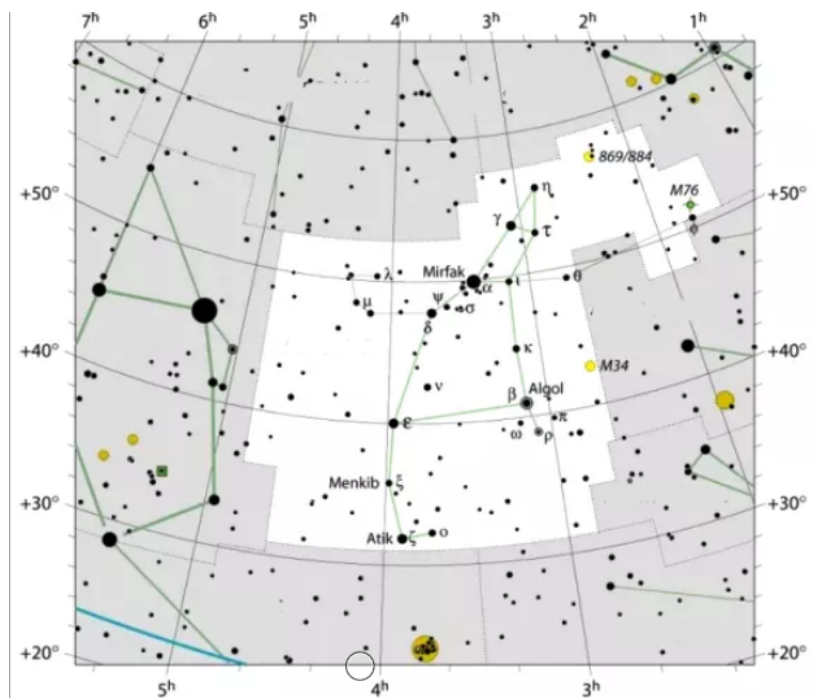
- b. Teleskoper i verdensrommet kan måle stråling på bølgelengder som blir blokkert av jordatmosfæren.
- c. Vektløsheten i omløpsbane gjør romteleskoper mer følsomme enn teleskoper på bakken.**
- d. Teleskoper i verdensrommet kan observere objekter kontinuerlig i årevis.

Løsning: c. Vektløsheten i verdensrommet gjør ikke i seg selv et teleskop mer følsomt. Det finnes flere eksempler på romteleskoper som illustrerer de andre forslagene, f.eks. Kepler-teleskopet som oppdaget eksoplanet-passasjer ved å observere det samme området på himmelen kontinuerlig gjennom flere år.

- 6. Hvilken teori er sterkt støttet av observasjoner av galaksers rødforskyvning og den kosmiske bakgrunnsstrålingen?
 - a. Teorien for planetdannelse.
 - b. Teorien for stjerneutvikling.
 - c. Big Bang-teorien om universets utvikling.**
 - d. Teorien som forklarer dannelsen til gravitasjonsbølgene som blir observert av LIGO-observatoriet.

Løsning: c. Big Bang-teorien. (Gravitasjonsbølgene som LIGO måler er produsert av kollisjoner av kompakte stjerne rester som nøytronstjerner om sorte hull).

- 7. Hvilket stjernebilde er vist i det lyse området nedenfor?
 - a. Cassiopeia.
 - b. Perseus.**
 - c. Hydra.
 - d. Cepheus.



8. Hvilket av de følgende objektene/fenomenene kommer helt sikkert ikke til å bli observert i det 21. århundre?
- Tegn til biologisk aktivitet på en annen planet enn jorden.
 - Gravitasjonsbølger som er dannet i en kollisjon mellom to nøytronstjerner.
 - En rød dvergstjerne som har ti prosent av solens masse og har forlatt hovedserien.**
 - En stjerne som er ferd med å rives i stykker av tidevannskrefter fra et sort hull.

Løsning: c. En stjerne med ti prosent av solens masse vil befinne seg på hovedserien gjennom et tidsrom som varer lengre enn universets nåværende alder. Vi kan derfor ikke i overskuelig fremtid kunne observere en slik stjerne etter at den har forlatt hovedserien. Det er allerede blitt gjort observasjoner som potensielt kan være tegn til biologisk aktivitet på Mars (metangass) og Venus (fosfin), og leting etter slike tegn er et viktig mål for de neste tiårene. De to andre fenomenene (b og d) har allerede blitt observert.

9. Hvis jordens perihelavstand er 147 millioner km, hva tror du jordens aphelavstand er? (Aphel: Stedet i banen hvor et legeme er lengst fra solen. Perihel: Stedet i banen hvor legemet er nærmest solen).
- To ganger perihelavstanden, dvs. ca. 300 millioner km.
 - Tre ganger perihelavstanden, dvs. ca. 450 millioner km.
 - Litt mer enn perihelavstanden, ca. 152 millioner km.**
 - Nøyaktig det samme som perihelavstanden, 147 millioner km.

Løsning: c. Litt mer enn perihelavstanden, ca. 152 millioner km.

10. Hvilken av de følgende utviklingene i astronomiens historie ble bare gjort mulig gjennom bruk av teleskopet ?
- Formuleringen av Keplers lover for planetbevegelse.
 - Oppdagelsen av solflekker.
 - Oppdagelsen av Saturns ringer.**
 - Pålitelige forutsigelser av solformørkelser.

Løsning: c. Oppdagelsen av Saturns ringer.

11. Midt på dagen 21. mars setter en astronom en pinne i bakken og måler at skyggen til pinnen er like lang som høyden til pinnen. På hvilken breddegrad må dette ha skjedd?
- 0°
 - -90°
 - -60°

d. 45°

Løsning: 21. mars er datoen for vårjevndøgn, hvilket innebærer at solen på denne datoen kan nå samme maksimale høyde over horisonten som himmelekvator på denne breddegraden. Denne høyden over horisonten er gitt ved $h = 90^\circ - \varphi$, hvor φ er breddegraden. Gitt at pinnen og skyggen er like lange må høyden ha vært 45° og breddegraden det samme (nordlig eller sørlig bredde).

12. Hva er forklaringen på at planeter har en tilnærmet kulerund form, mens asteroider har en mye mer irregulær form?
- Planetene fikk sine kulerunde former rett etter at de ble dannet, mens asteroidene bare er irregulære steiner som har klumpet seg sammen.
 - Planetene har sterk nok tyngdekraft til å presse dem sammen til en kulerund form. Dette er ikke tilfelle for asteroider.**
 - Asteroider beveger seg mye hurtigere enn planeter, slik at formen deres ikke vil stabilisere seg.
 - Asteroider er også kulerunde – det er meteorittene som faller ned på bakken som har irregulær form.

Løsning: b. Asteroidene er for små og for lite massive til at gravitasjonskreftene kan være sterke nok til å presse dem sammen til en kulerund form.

13. To stjerner kan sees nær hverandre på himmelen. Stjerne A ser lyssterkere ut enn stjerne B. Hvilken av de følgende utsagnene kan bidra til å forklare forskjellen i stjernenes tilsynelatende lysstyrke? Anta at begge stjernene stråler som sorte legemer.
- De to stjernene er identiske bortsett fra at stjerne B er nærmere oss enn stjerne A.
 - Begge stjernene er på samme avstand, men stjerne A er gul, mens stjerne B er oransje.**
 - De to stjernene har identiske egenskaper bortsett fra at stjerne A har mindre radius enn stjerne B.
 - De to stjernene har identiske egenskaper bortsett fra at stjerne A er mindre massiv enn stjerne B.

Løsning: Alternativene A, C og D ville alle gjøre at B ser mer lyssterk ut enn A. Alternativ B er forenlig med at A har høyere tilsynelatende lysstyrke enn B. Hvis f.eks. de to stjernene har omtrent samme radius vil den gule stjernen A skinne sterkere på samme avstand fordi den har høyere luminositet siden den har høyere overflatetemperatur enn stjerne (jfr. Wiens lov and Stefan-Boltzmanns lov, og at gult lys har kortere bølgelengde enn oransje lys).

14. Gitt fargen, hvilken av de følgende stjernene tror du har høyest overflatetemperatur?

- a. En gul dverg
- b. En rød dverg
- c. En blå kjempe**
- d. Alle stjernene har omtrent samme overflatetemperatur

(Hint: tenk på en regnbue hvor den fiolette delen har kortest bølgelengde og den røde delen lengst bølgelengde).

Løsning: c. En blå kjempe (jfr. Wiens lov).

15. Hvis vi noensinne oppnår kontakt med romvesener, hvilken av våre måleenheter tror du vi vil ha felles med romvesnene? (med andre ord, hvilken enhet er universelt grunnleggende?)

- a. Kelvin
- b. Lysår
- c. Astronomisk enhet (A.E.)
- d. Ingen av disse**

Løsning: d. Ingen av disse. Alternativene b) og c) er knyttet til jordens bane rundt solen, mens størrelsen på a) er knyttet til forskjellen mellom vannets frysepunkt og kokepunkt når atmosfæretrykket tilsvarer gjennomsnittlig trykk ved jordens havnivå.

16. En observatør på jorden måler at en planet har en elongasjon (elongasjon = planetens vinkelavstand fra solen) på 100° . Hvilken av de følgende planetene kan dette ikke ha vært?

- a. Saturn
- b. Venus**
- c. Jupiter
- d. Neptun

Løsning: b. Hvis planetens elongasjon er $> 90^\circ$, må den befinne seg i en bane som ligger utenfor jordens bane omkring solen. Venus er den eneste planeten som befinner seg nærmere jorden enn solen, og derfor kan den ikke ha så stor elongasjon som oppgitt. Sett fra jorden er Venus' største elongasjon 48° .

17. I følge dagens "standardmodell" for kosmologi er følgende de største komponentene av energi/materie: Mørk energi, mørk materie og vanlig materie. Hvorfor ble kosmologene overbevist om at det finnes mørk energi (en merkelig form for energi som har negativt trykk og virker frastøtende, i motsetning til gravitasjon?)

- a. På store avstander fjerner objekter seg fra hverandre med Hubble – hastigheten, noe som ikke kan forklares med gravitasjon.
- b. Fordi store strukturer i universet holder seg stabile på en måte som ikke kan forklares med bare vanlig materie.
- c. **Fordi observasjoner indikerer at universet har gått inn i en periode med akselerert ekspansjon, noe som krever at det finnes en type energi som motvirker gravitasjon.**
- d. Fordi mange gravitasjonelle effekter ikke kan forklares av våre foretrukne teorier om gravitasjon hvis det ikke finnes mye mer materie enn vi kan se.

Løsning: c. Fordi observasjoner indikerer at universet har gått inn i en periode med akselerert ekspansjon, noe som krever at det finnes en type energi som motvirker gravitasjon.

18. En astronom observerer månen gjennom et linseteleskop. Hvordan vil det observerte bildet av månen endre seg dersom man på forsiden av teleskopet legger på en maske som skygger for lyset på høyre halvdel av linsen?
- a. Bildet endrer seg ikke.
 - b. **Vi ser fortsatt hele månen, men den er bare halvparten så lyssterk.**
 - c. Vi vil bare kunne se venstre halvdel av månen.
 - d. Vi vil bare kunne se høyre halvdel av månen.

Løsning: b. Delen av teleskopet som ikke er dekket vil fortsatt kunne vise det samme området på himmelen som hele linsen, men siden vi blokkerer halvparten av lysstrålene ser vi bildet av månen med halvert lysstyrke.

19. Anta at jorden og månen har sirkulære baner, med radier henholdsvis $D_{\odot} = 150 \times 10^6$ km og $D_M = 384 \times 10^3$ km, i det samme planet. La solens radius være $R_{\odot} = 696\,000$ km og månens radius være $R_M = 1\,700$ km. Hva er den maksimale andelen av solens areal som kan dekkes av månen under en solformørkelse?
- a. 50 %
 - b. **100 %**
 - c. 150 %
 - d. 200 %

Løsning: b. Sett fra jorden dekker solen og månens radius vinkler på henholdsvis $\theta_{\odot} = \tan^{-1}(R_{\odot} / D_{\odot})$ og $\theta_M = \tan^{-1}(R_M / D_M)$. Med tallene som er oppgitt får vi $\theta_M / \theta_{\odot} = 1,0$, så månen nesten akkurat 100 % av solskiven når de står på linje med jorden. For å forenkle regnestykket kan man bruke at $\tan^{-1}(R/D) \cong R/D$ når $R/D \ll 1$, noe som her er tilfelle både for solen og månen. Dette burde være et velkjent resultat for alle

som har sett bilder av totale solformørkelser!

20. Du sender ut et foton gjennom det tomme rommet til din venn som befinner seg i en fjern galakse. Hvordan har fotonets energi endret seg fra det ble sendt ut til det blir tatt i mot?
- Fotonets energi har økt.
 - Fotonets energi endrer seg ikke pga. energibevaring.
 - Fotonets energi har minket.**
 - Fotonet er en kvantemekanisk partikkel og har derfor ingen energi.

Løsning: c. Energien til et foton med bølgelengde λ er $E = hc/\lambda$. Universet utvider seg og strekker bølgelengden λ mens fotonet er underveis mot mottageren, så E minker. Fotonets energi er ikke bevart!

21. Det er en fin solskinsdag og du ligger og soler deg på stranden et sted på jorden. Du merker en intensitet I_1 fra strålingen som kommer fra solen som befinner seg i en avstand d_1 fra jorden. Samtidig er din venn i ferd med å fryse ihjel på Uranus, siden hun føler solstråling med en intensitet som er bare $I_2 = I_1/400$. Hennes siste ønske er å få vite hvor langt fra solen hun befinner seg. Anta at solen stråler like mye i alle retninger. Hva er avstanden mellom solen og din venn på Uranus?
- $d_2 = 20 d_1$**
 - $d_2 = 400 d_1$
 - $d_2 = 600 d_1$
 - $d_2 = 8000 d_1$

Løsning: a. Effekten som utstråles av solen (solens luminositet) angis som P . En observatør som befinner seg på et tenkt kuleskall med solen i sentrum og radius d vil måle intensiteten $I = P/4\pi d^2$. Et kuleskall på en hvilken som avstand d fra solen vil fange opp effekten fra solen $P = 4\pi d^2 \cdot I$.

Derfor er $P = 4\pi d_1^2 \cdot I_1 = 4\pi d_2^2 \cdot I_2$, så $d_2 = \sqrt{I_1/I_2} d_1 = \sqrt{400} d_1 = 20 d_1$.

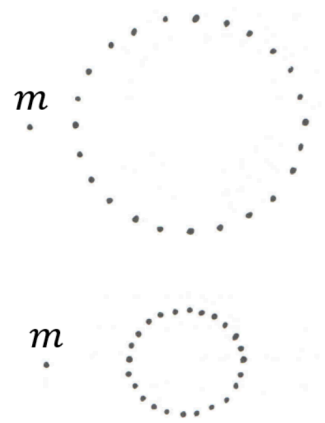
22. Nøytronstjerner er den tetteste typen stjerner som vi har observert i universet. De kan ha masser på $M \leq 2 M_\odot$ som er komprimert ned til radier $R \geq 10$ km, hvor $M_\odot \approx 300\,000 M_E$ er solens masse og M_J er jordens masse. La jordens radius være $R_J \approx 6000$ km, og tyngdeakselerasjonen på jordoverflaten er g_J . Hva er tyngdeakselerasjonen på overflaten til de mest kompakte nøytronstjernene hvis vi antar Newtonsk gravitasjon?
- $2 \cdot 10^2 g_J$
 - $2 \cdot 10^5 g_J$
 - $2 \cdot 10^8 g_J$

d. $2 \cdot 10^{11} g_J$

Løsning: d. I følge Newtons gravitasjonslov er tyngdeakselerasjonen på overflaten av en slik nøytronstjerne

$$g = \frac{GM}{R^2} \leq \frac{G \cdot 2M_{\odot}}{(10 \text{ km})^2} = \frac{G \cdot 2 \cdot 3 \cdot 10^5 M_J}{(R_J/600)^2} = 6^3 \cdot 10^9 \frac{GM_J}{R_J^2} = 2 \cdot 10^{11} g_J$$

23. Vi antar at en liten masse m befinner seg i nærheten av en kuleformet hop av masser. En gravitasjonskraft fra hopen virker på massen m . Vi antar at posisjonene til massen og hopen ikke endrer seg i forhold til hverandre og ser på et tilfelle der radien til hopen økes sakte så den blir større, men den øker ikke mer enn at massen m likevel alltid befinner seg utenfor hopen. Hvordan vil denne ekspansjonen påvirke gravitasjonskraften fra hopen som virker på m ?



- Kraften øker.
- Kraften minker.
- Kraften endrer seg ikke.**
- Det kommer an på hvor fort hopen utvider seg.

Løsning: c. Gravitasjonskraften endrer seg ikke pga. Gauss' lov.

24. Solens nåværende masse er $M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, og den stråler ut energi i et tempo som er gitt ved luminositeten $L = 4 \cdot 10^{26} \text{ W}$. Relasjonen mellom masse og energi er gitt ved Einsteins berømte formel $E = M c^2$, hvor $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ er lyshastigheten. Dersom solen fortsetter å stråle ut energi i samme tempo til all massen er borte, hvor lang tid vil det ta før solen har mistet all sin masse?

- $14 \cdot 10^8$ år
- $14 \cdot 10^{10}$ år
- $14 \cdot 10^{12}$ år**
- $14 \cdot 10^{14}$ år

Løsning: c. $E = M c^2$, så $\Delta E / \Delta t = (\Delta M / \Delta t) c^2 = L$, så $\Delta t = \frac{M}{\Delta M / \Delta t} = \frac{M c^2}{L} = 4.5 \cdot 10^{20} \text{ s} = 14 \cdot 10^{12} \text{ år}$

25. Universets ekspansjon gjør at fjerne objekter beveger seg vekk fra oss med en hastighet som kalles Hubblehastigheten. Denne hastigheten kan regnes ut ved hjelp av Hubbles lov, $v = H_0 D$, hvor $H_0 \cong 70 \text{ (km/s) / Mpc}$ er

Hubblekonstanten og D er avstanden til objektet. Ved hvilken avstand er Hubblehastigheten større enn lyshastigheten ($c = 3 \cdot 10^5 \text{ km/s}$)?

- a. 10^4 Mpc
- b. 10^3 Mpc
- c. 10^2 Mpc
- d. 10 Mpc

Løsning: a. 10^4 Mpc . $D = \frac{3 \times 10^5 (\text{km/s})}{70 (\text{km/s/Mpc})} = \frac{3}{7} \times 10^4 \text{ Mpc} < 10^4 \text{ Mpc}$