

Norsk Olympiade i Astronomi og Astrofysikk

Oppgavesett (og Løsning) runde 2

Skoleåret 2024/2025

Dag: valgfri dag i uke 4, 2025 (20. januar – 24. januar 2025)

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) ≈ 3.26 lysår
- 1 astronomisk enhet (AU) $\approx 1,5 \cdot 10^{11}$ m
- Lyshastigheten i vakuum $= 3 \cdot 10^8$ m/s
- Newtons gravitasjonslov: $F_G = GmM/r^2$, $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11}$ 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
- Doppler-formelen: $v/c = (\lambda - \lambda_0)/\lambda_0$
- Rayleigh-kriteriet $= 1,22 \cdot \lambda/D$ rad

- 1) Nobelprisen i fysikk i 1974 gikk til Sir Martin Ryle og Anthony Hewish for en veldig viktig astronomisk oppdagelse som ble gjort i 1967. Ikke lenge etter prisutdelingen viste det seg at ideen og de første observasjonene kom fra Dame Jocelyn Bell Burnell som var en av Hewish sine studenter på den tiden, men hun fikk ikke ta del i æren rundt oppdagelsen. Observasjonene vi snakker om her ble gjort ved hjelp av radioteleskoper pekt mot himmelen der signalene hadde ekstremt regelmessige og periodiske raske amplitudeendringer. Hva var det de hadde funnet? (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)
 - a) **Pulsarer**
 - b) Svarte hull
 - c) Supernovaer
 - d) Gravitasjonslensing

Solution: a) Pulsars are rotating neutron stars with extremely regular periods, and are the only thing provided on the list that can give a periodic signal on a radio telescope. Fun fact: Dame Bell Burnell marked these strange signals at the time using “LGM”, standing for “Little Green Men” as she didn’t recognise the shape and occurrence of the pulsar signals and jokingly classified them as alien!

- 2) Deklinasjon og timevinkel er koordinater i hvilket koordinatsystem som vi benytter oss av i astronomien? (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)
 - a) Horisontkoordinater
 - b) **Ekvatorkoordinater**
 - c) Ekliptiske koordinater
 - d) Galaktiske koordinater

- 3) Et av de viktigste aspektene innenfor kosmologi er det å måle nøyaktige avstander til fjerne galakser. Slike målinger er basert på såkalte “standardlyskilder”, og grunnlaget for disse ble lagt av Henrietta Swan Leavitt i 1912, som gjorde det mulig for Edwin Hubble å komme med sin berømte oppdagelse i 1924. Leavitt observerte en viss type stjerne og så en direkte korrelasjon mellom perioden til variasjonen av denne stjernetydens luminositet og hvor lyssterke disse stjernene var. Hva slags stjerner hadde hun observert? (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)
 - a) Hovedseriestjerner
 - b) Pulsarer
 - c) Formørkelsesvariable dobbeltstjerner
 - d) **Kefeider**

Solution: This property of cepheid variables was extremely important in enabling distance calculations, and is still a method used today, so much so that Henrietta Swan Leavitt was nominated for a Nobel prize, but that had to be withdrawn as she had died a couple of years prior to her nomination. Fun fact: Henrietta Swan Leavitt's job title was "computer" - before the dawn of actual computer processing, women were often employed with performing tedious calculations and signal analyses

4) Hva er kromatisk aberrasjon, vist på bildet under? (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)

a) En forvrengning som skyldes atmosfæreturbulens når man observerer på spesielt fuktige netter.

b) En forvrengning som er en del av egenskapene til refraktorteleskoper og som skyldes at lys med forskjellige bølgelengder av lys brytes ulikt av linsene.

c) En forvrengning som er en del av egenskapene til reflektorteleskoper og som skyldes at lys med forskjellige bølgelengder reflekteres ulikt av speilene.

d) En forvrengning som skyldes at man ikke brukte et passende blålysfilter foran teleskopet ved observasjoner fra Jorda.



5) Hvorfor ser vi alltid den samme siden av Månen fra Jorda?

a) Månens rotasjon og Månens omløpstid er synkroniserte

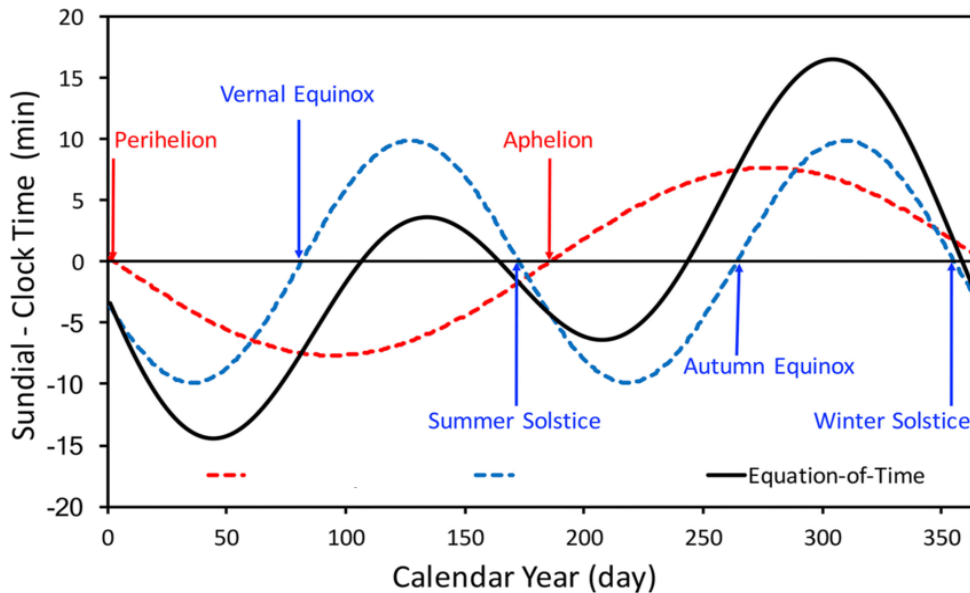
b) Månens rotasjon og Jordas rotasjon er synkroniserte

c) Månens omløpstid og Jordas omløpstid er synkroniserte

d) Månens omløpstid og Jordas rotasjon er synkroniserte

Solution: The moon is tidally locked because it rotates around its own axis in the same time that it takes to orbit Earth.

6) Den svarte linja på grafen under viser et avvik i tid som vi kaller for "tidsjevning". Det representerer tidsforskjellen mellom den sanne soltiden (som følger Solas bevegelse på himmelen) og middelsoltiden (som følger en "gjennomsnittlig" Sol) som vår tidsregning er basert på. Tidsjevningen har to komponenter, vist som blå og røde linjer. Hva er disse komponentene forårsaket av? (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)



- a) Solvinder og endringer i Jordas magnetfelt.
- b) Månens rotasjon og endringer i Solas galaktiske koordinater.
- c) Jordas aksehelning og baneeksentrisitet.**
- d) De ikke-perfekte kuleformene til Jorda og Sola.

7) Akkurat som stjerner samler seg i galakser, samler galakser seg i galaksehoper over større lengdeskalaer. Hvordan tyder noen galaksehoper på at mørk materie finnes?

- a) Deres synlige masse er ikke tilstrekkelig for å holde galaksene i hopen samlet bare ved gravitasjonskrefter.**
- b) Universet utvider seg og gjør at galaksene i hopen akselererer fra hverandre.
- c) Materialet mellom galaksene i hopen er mørkere enn det intergalaktiske mediet.
- d) De skyter ut mørk materie-partikler i energetiske stråler som har blitt detektert i gravitasjonsbølgeobservatorier.

8) Om vi skulle finne på å grave en tunnel halvveis ned til senteret av planeten vår, hva ville gravitasjonskraften vi hadde følt der nede vært i forhold til hva vi føler på overflaten? Anta at Jorda er en kule med uniform tetthet.

- a) Dobbelt så mye som på overflaten
- b) Halvparten så mye som på overflaten**
- c) Åtte ganger så lite som på overflaten
- d) Åtte ganger så mye som på overflaten

Solution: According to the second shell theorem, only the part of the Earth from us to the centre will exert a force, and not the part we've already dug past.

The mass of this new part is: $\frac{M_{part}}{M_{\oplus}} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho}{\frac{4}{3}\pi R_{\oplus}^3 \rho} = \frac{r^3}{R_{\oplus}^3} \Rightarrow M_{part} = \frac{r^3}{R_{\oplus}^3} M_{\oplus}$, and

with $r = \frac{R_{\oplus}}{2}$, this turns out to be $M_{part} = \frac{1}{8} M_{\oplus}$. Inserting this into Newton's Law of Gravity gives $F = G \frac{M_{part}m}{r^2} = G \frac{\frac{M_{\oplus}m}{8}}{\frac{R_{\oplus}^2}{4}} = \frac{1}{2} G \frac{M_{\oplus}m}{R_{\oplus}^2}$ which is exactly half of what we would feel on the surface.

9) Hvorfor er det feil å si at Jorda roterer 360 grader rundt sin egen akse i løpet av nøyaktig 24 timer?

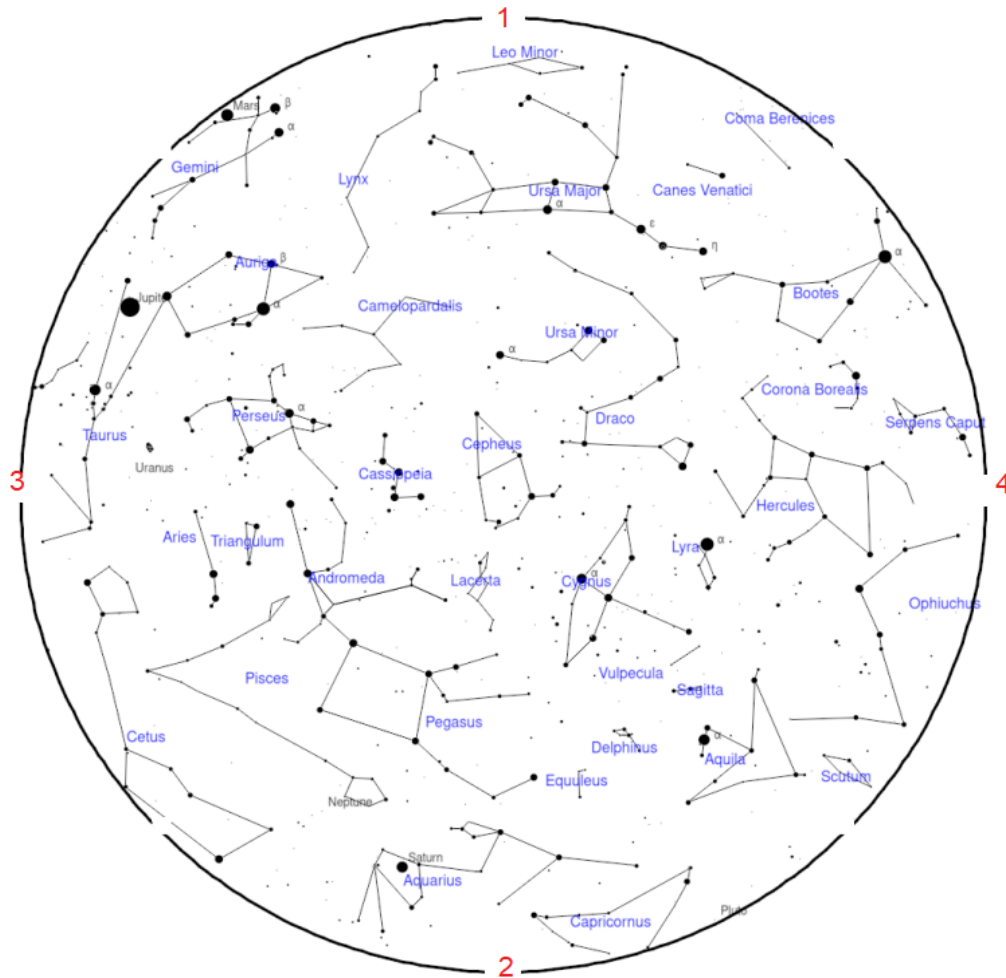
- a) Lurespørsmål: Jorda roterer faktisk 360 grader rundt sin egen akse i løpet av nøyaktig 24 timer
- b) 24 timer er tiden det tar et punkt på Jorda å peke direkte mot Sola igjen, og Jorda må rotere mer enn 360 grader for å kompensere for bevegelsen i sin bane rundt Sola i dette tidsintervallet.**
- c) Jordas rotasjonshastighet varierer betraktelig og påstanden er sann kun når vi tar gjennomsnitt over et helt år.
- d) Jordas bane er ikke en perfekt sirkel, men en ellipse, og effekter gitt ved Einsteins relativitetsteori tilsier at tida går annerledes ved forskjellige avstander fra Sola.

10) I løpet av et år måler vi at en fjern stjerne sin posisjon på himmelen endrer seg med 0.00002 grader relativt til bakgrunnsstjernene. Omtrent hvor langt unna oss er stjerna?

- a) 500 000 AU
- b) 6 000 000 AU**
- c) 70 000 000 AU
- d) 800 000 000 AU

Solution: Parallax half-angle 0.00001 degrees, and parallax distance $1 \text{ AU} / (10^{-5}/180 \cdot \pi) \approx 6 \cdot 10^6 \text{ AU}$.

11) Velg alternativet som kobler tallene med de riktige himmelretningene som vist på stjernekartet



- a) 1-Nord, 2-Sør, 3-Vest, 4-Øst
- b) 1-Nord, 2-Sør, 3-Øst, 4-Vest**
- c) 1-Sør, 2-Nord, 3-Vest, 4-Øst
- d) 1-Sør, 2-Nord, 3-Øst, 4-Vest

Solution: See [handout on observational astronomy for explanation](#). This exact chart is used throughout the handout as an example.

12) Ved å bruke det samme stjernekartet som ovenfor kan vi se at breddegraden til observatøren som ser denne himmelen er omkring:

- a) 0°
- b) 30° N
- c) 60° N**
- d) 90° N

Solution: The key to this question is to recognise that the altitude of Polaris above the horizon corresponds to the observer's degree of latitude. Polaris is marked with the Greek letter alpha in the Ursa Minor constellation. If the latitude were 0° , the star would be exactly on the horizon (the circumference of the circle), and if it were 90° , it would be exactly in the centre, representing the zenith. As it is more than halfway between the horizon and the zenith, the approximate solution is 60° . The sky chart generated is in Trondheim, 2024-10-11 22:00:00 (CEST), which is at about 63°N .

13) Hvilken av følgende er en liste over stjerner som kan skjules (okkuleres) av Månen, sett fra jordoverflaten?

- a) Rigel (Alpha Orionis), Sirius (Alpha Canis Majoris), Toliman (Alpha Centauri) og Achernar (Alpha Eridani)
- b) Antares (Alpha Scorpii), Aldebaran (Alpha Tauri), Regulus (Alpha Leonis) og Spica (Alpha Virginis)**
- c) Fomalhaut (Alpha Piscis Austrinus), Procyon (Alpha Canis Minoris), Capella (Alpha Aurigae) og Vega (Alpha Lyrae)
- d) Arcturus (Alpha Boötis), Adhara (Epsilon Canis Majoris), Deneb (Alpha Cygni) og Altair (Alpha Aquilae)

Solution: As indicated by their Bayer designations, all the stars listed in alternative b) are located within zodiacal constellations (Scorpius, Taurus, Leo, and Virgo, respectively). The ecliptic (= the Earth's orbital plane) intersects these constellations, implying that the sun, moon and planets will appear to move through these constellations as seen from the surface of the Earth. As a result, these stars will all be occulted by the moon occasionally. None of the stars listed as alternatives are in zodiacal constellations.

14) Hva er de beste forholdene for dannelsen av planeter med tette atmosfærer?

- a) Sterkt gravitasjonsfelt og høy overflatetemperatur
- b) Sterkt gravitasjonsfelt og lav overflatetemperatur**
- c) Svakt gravitasjonsfelt og høy overflatetemperatur
- d) Svakt gravitasjonsfelt og lav overflatetemperatur

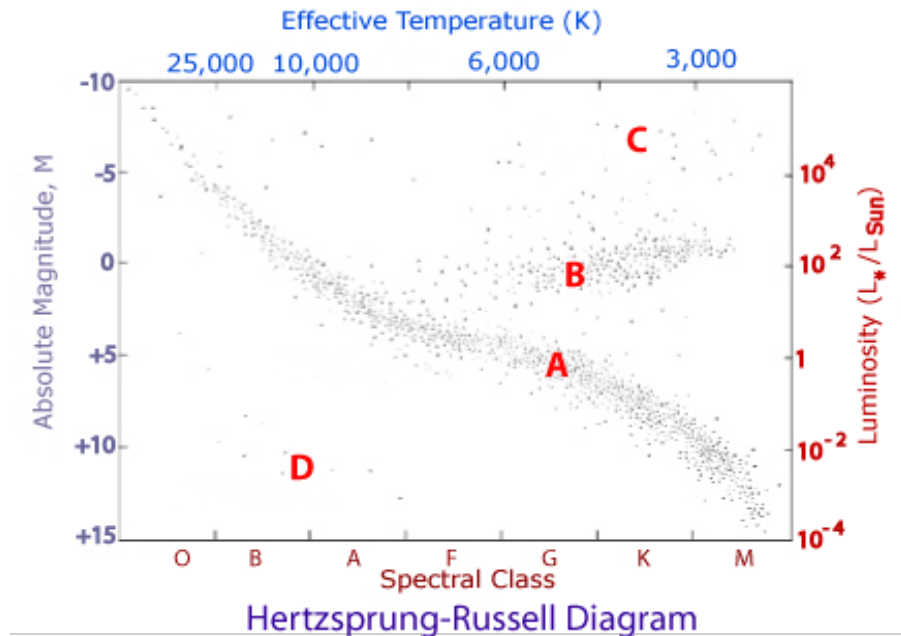
Solution: The atmosphere is a gas of particles. Stronger gravity pulls the particles towards the surface. Lower temperature means the particles have lower velocity, so they are less likely to run away.

15) En hovedseriestjerne som er mer massiv enn Sola...

- a) har lavere luminositet enn Sola.
- b) er mindre enn Sola.
- c) har lavere overflatetemperatur enn Sola.
- d) lever kortere enn Sola.**

Solution: More massive main sequence stars burn up their “fuel” faster, despite having more “fuel” to start with.

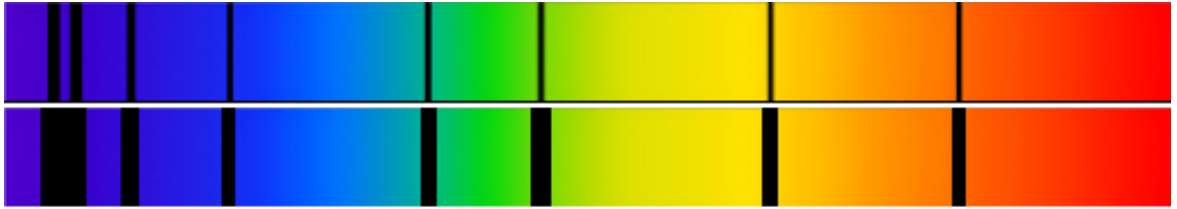
16) Sirius B er en hvit dvergstjerne. Hvilket av følgende alternativ kan omtrent sies å være forholdet mellom luminositeten til Sirius B og Sola vår? Bruk HR-diagrammet nedenfor som et hjelpemiddel. (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)



- a) 0.01
- b) 1
- c) 100
- d) 100 000

Solution: White Dwarfs can be found in the region labelled with D in the diagram above. As such, the fraction which can be read off of the rightmost axis must be less than 1. Sirius B’s actual luminosity is about 0.026 that of the Sun, but we are only looking for an approximation here, showing that the students know where the different star groups are in the HR diagram.

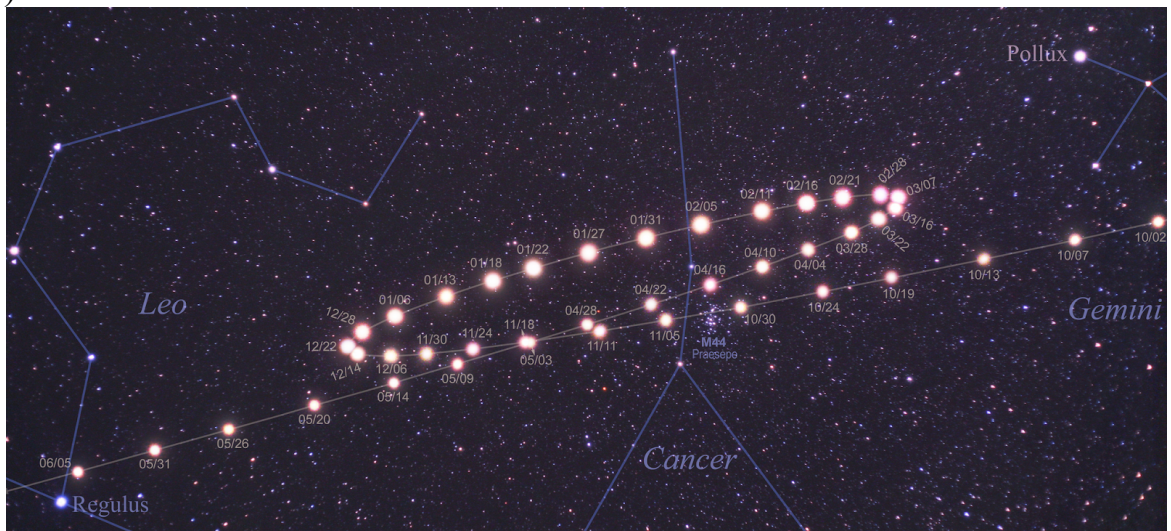
17) De to spektrene under er skisser av det man kan forvente å se når man observerer to forskjellige stjerner som er bygd opp helt likt. Hva er det som er annerledes mellom de to stjernene som gjør at denne forskjellen forekommer i spektrene? (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)



- Stjerna med bredere absorpsjonslinjer roterer rundt sin egen akse med større fart enn stjerna med smalere absorpsjonslinjer.
- Stjerna med bredere absorpsjonslinjer beveger seg vekk fra oss med større fart enn stjerna med smalere absorpsjonslinjer.
- Stjerna med bredere absorpsjonslinjer beveger seg vekk fra oss med mindre fart enn stjerna med smalere absorpsjonslinjer.
- Spektrallinjeutvidelsen er en konsekvens av den spektroskopiske versjonen av kromatisk aberrasjon som er bedre illustrert i Oppgave 4

Solution: We must keep in mind that stars are not just point sources of light. When they rotate, one side of the star is moving towards us, and one is moving away. Because of the light coming from different parts of the star with different velocities relative to us, we will observe broader spectral lines, even sometimes having the consequence of lines that are close together merging into one thick one, as is the case with the leftmost ones in the example given.

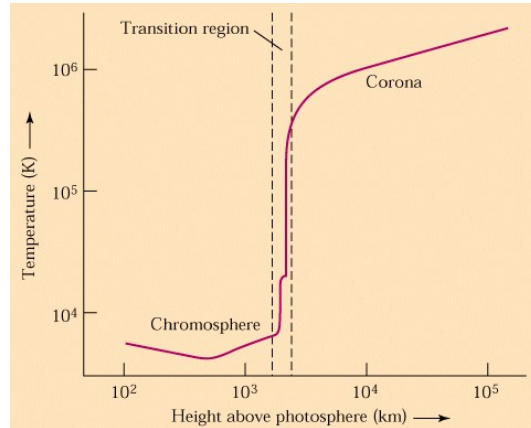
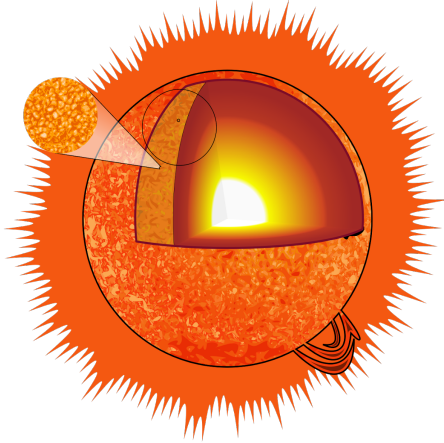
18) Sett fra Jorda, ser det noen ganger ut som om Mars beveger seg i en baklengs løkke på himmelen relativt til bakgrunnsstjernene. Dette kalles for retrograd bevegelse. Hvorfor skjer dette? (Laget av D. Veljkovic, vinneren Astro-OL 2021)



- Mars og Jorda følger ikke-neglisjerbare elliptiske baner med varierende hastigheter, og deres relative hastighet bytter retning når den ene planeten når sin maksimale hastighet mens den andre når sin minimale hastighet.
- Mars sin bane kan utsettes for veldig massive asteroider og slynger seg rundt dem på grunn av gravitasjon.

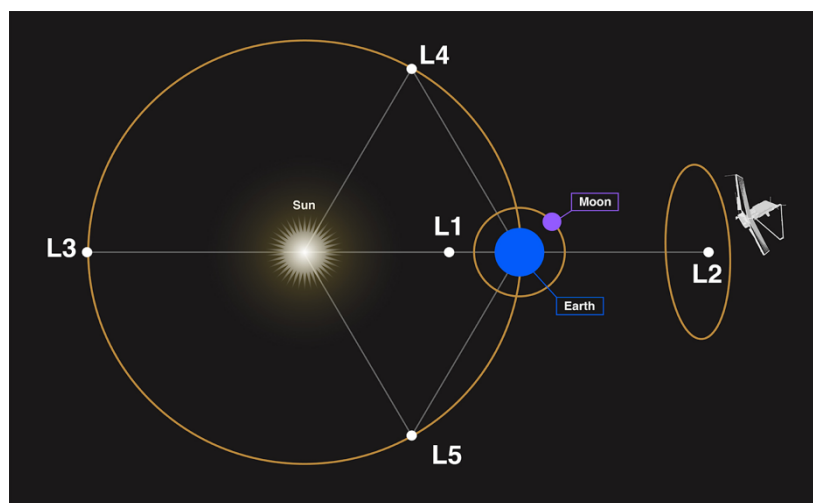
- c) Det er en naturlig egenskap ved to sirkelbaner som går rundt samme punkt, og sees når den innerste planeten tar igjen den ytterste.
- d) Mars går ikke i bane direkte rundt Sola, men går i bane rundt *et punkt* som igjen går i bane rundt Sola (deferenten og episykelen) og retrograd bevegelse skjer når disse beveger seg i motsatte retninger.

19) Solas temperatur er...



- a) Høyest i senteret og lavest i de ytterste delene av solatmosfæren
- b) Høyest i senteret og lavest nær overflaten**
- c) Lavest i senteret og høyest i de ytterste delene av solatmosfæren
- d) Lavest i senteret og høyest nær overflaten

20) Lagrangepunktene er 5 punkter i rommet der et lite objekt kan forbli “stasjonært” i et tolegemesystem (altså at det roterer med samme periode som Jorda i Sol-Jord systemet). Hvilken påstand om Lagrangepunktene er usann? (Laget av F. Neumann, vinneren Astro-OL 2023 og 2024)



- a) Ulempen med å plassere JWST ved L2 er at det er deler av himmelen som aldri kan observeres.
- b) L1 er et passende punkt for solobservasjoner.

- c) Kun L4 og L5 er stabile. De resterende punktene krever at romfartøy bruker drivstoff for å korrigere banene sine.
- d) Det er ingen romfartøy i L3 fordi det alltid ligger rett bak Sola og er dermed vanskelig å kommunisere med.

Solution: a) It is true that JWST has parts of the sky obscured by the Earth and the Sun, but that part changes throughout the year. c) L1, L2 and L3 are like balancing a marble on a saddle. Objects there have a tendency to become unstable as time passes. d) L3 is always behind the Sun, making it much more difficult to communicate with satellites there than the other Lagrange points.