

# Oppgaver, Fasit og Sensurveiledning for AST1010 høsten 2003

## 1. Hva er ekliptikken?

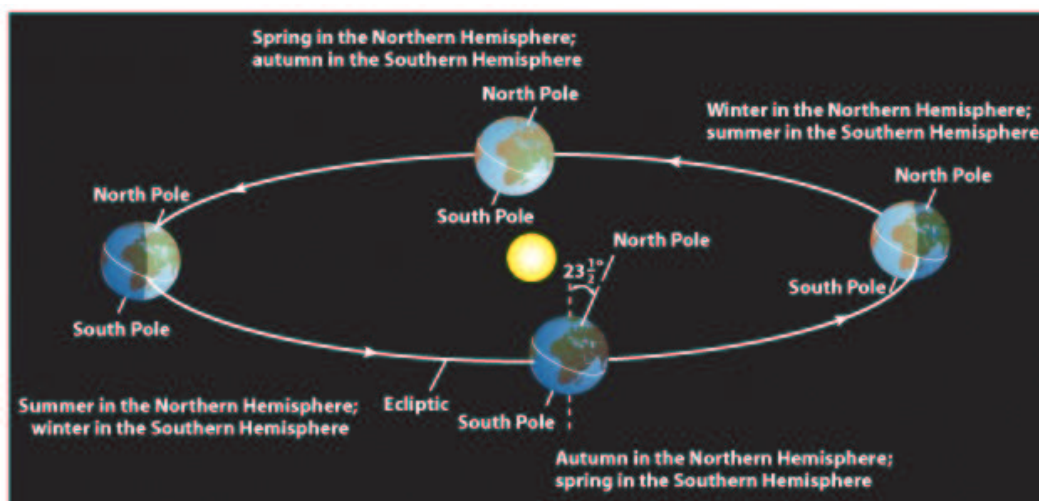
Et helt riktig svar: Solas tilsynelatende bane mellom stjernene på himmelkula i løpet av året.

Et akseptabelt svar er: Skjæringslinja mellom jordas baneplan og himmelkula.

Et atskillig svakere men ikke håpløst svar: Jordas bane rundt sola.

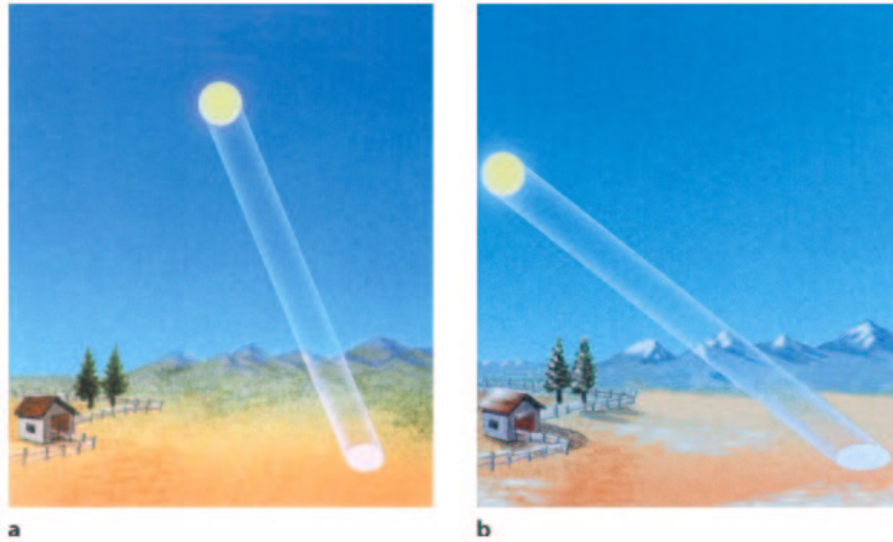
## 2. Hvordan er det at jordaksens helning med retningen loddrett på jordas baneplan forårsaker årstidene? Tegn gjerne en figur hvis du synes det gjør svaret klarere.

Jordaksens helning med normalen på baneplanet og virkningen av dette hva angår solhøyden og dermed dagens lengde er illustrert i figur 1. På den nordlige halvkule vil nordpolen i januar peke *bort fra* sola mens den i juni peker *mot* sola. Det betyr at sola i januar i nord står mye lavere på himmelen, og er oppe mye kortere tid i døgnet enn i juni. Langt nok nord vil den til og med gå helt under horisonten i januar. I juni er situasjonen motsatt med sol høyt på himmelen og lange dager, og til og med sol døgnet rundt langt nok nord.



Figur 1: Jordaksens helning og innstrålingen på hhv. nordlig og sørlig halvkule i løpet av året.

I tillegg kommer den effekten at sollyset er konsentrert om et mindre område på bakken når sola står høyt på himmelen (om sommeren) enn når den



Figur 2: Energikonsentrasjon på bakken og variasjon med solhøyden

står lavt, se figur 2. Begge disse faktorene bidrar til forskjellen i innstråling mellom sommer og vinter.

Bedømmelsen: Jeg synes forklaringene med ord blir veldig ordrike og at gode tegninger skulle være nok til å få en god karakter. Da gjelder særlig figur 1 mens figur 2 og den faktoren som der bidrar, teller mindre men er med på å skille ut de aller mest kunnskapsrike.

3. Hva er en måneformørkelse og hva er en solformørkelse?

Ved solformørkelser kommer månen mellom jorda og sola og enden av måneskyggen faller over et område på jordoverflaten. Ved måneformørkelser kommer månen inn i den skyggen jorda kaster ut i rommet.

4. Hvordan lyder Wiens lov for sort stråling og hvordan kan man bruke den til å forklare hvordan stjernenes farges avhenger av deres temperatur på overflaten.

Wiens lov sier at den maksimale intensiteten fra et sort legeme finnes ved en bølgelengde omvendt proporsjonal med temperaturen:

$$\lambda_{max} = \frac{2.910^6}{T}$$

med temperaturen  $T$  i Kelvin og bølgelengden  $\lambda$  i nanometer. Det betyr at en varm stjerne vil ha sin maksimale stråling i blått eller ultrafiolett, mens den maksimale strålingen forskyver seg mot lengre bølgelengder når temperaturen minker. Da blir stjernen rødere og kalde stjerner sender ut det meste av sin stråling i rødt.

5. Hvordan tror vi idag at månen ble dannet? Gi en kort beskrivelse.

Den beste forklaringen er at jorda tidlig kolliderte med et himmellegeme på størrelse med Mars eller større. Deler av jorda samt himmellegemet fordampet i sammenstøtet, men deler av dette materialet samlet seg igjen og ble til månen utafor Roche grensen. Dette må ha skjedd omtrent samtidig med eller like etter at jorda ble dannet, for 4.5 milliarder år siden.

6. Venus har omlag 1000 rimelig store nedslagskrater etter meteorer, mot 30000 på månen og 150 på jorda. Kratrene er jevnt fordelt ut over hele overflaten. Hva kan antallet kratre og deres jevne fordeling fortelle om *når* og *hvordan* overflaten på Venus er blitt fornyet?

Antallet kratere tyder på at Venus overflate er langt yngre enn månens, men noe eldre enn jordas overflate. Vi regner med en alder på ca 400 millioner år. Den jevne fordeling av kratre tyder på at hele overflaten på Venus ble fornyet samtidig. Man tenker seg at magma har bygget seg opp under overflaten over alt, at temperaturen steg under en stadig tykkere overflate og at en verdensomspennende vulkansk aktivitet til slutt ble utløst.

7. Tharsis området på Mars har flere store vulkaner som er opp til 25 km høye. Til sammenligning rager de største vulkanene på jorda, på Hawaii, omlag 8000 meter over havbunnen Hvorfor blir vulkanene på Mars så mye større enn på jorda?

Både Tharsis og Hawaii er dannet ved s.k. "hot spot" vulkanisme hvor det aktive senteret ligger dypt inne i planeten. På jorda driver de tektoniske platene over det stasjonære hot spot området, vulkanen flytter seg på overflatene og bygger seg ikke på noe sted så høyt opp. Men Mars har ingen platetektonikk. Oppstrømningen skjer til samme området på marsoverflaten over meget lang tid og enorme vulkaner bygges dermed opp.

Et annet moment som må nevnes er den lavere gravitasjonen på Mars. 25 km h.oye fjell på jorda ville "synke ned" i jordskorpa (astenosfæren) på grunn av større tyngdekraft.

8. Hva er opprinnelsen til meteorene? Hvorfor regner man at mange enkeltstående meteorer kommer fra asteroider, mens meteor-*svermer* (meteor showers) relaterer til kometer?

Meteorsvermer får vi når jorda på sin vei rundt sola passerer gjennom et område der en komet ha sin bane. Kometen legger igjen støv og stein

som blir til små meteorer når de treffer jordatmosfæren. De fleste andre meteorer er biter av asteroider, slått løs under kollisjoner mellom asteroidene. Man har studert banene til slike meteorer og finner at de peker mot asteroidebeltet. Den kjemiske sammensetning tyder også på at de er asteroide-biter. En tredje type meteorer er kropper fra solsystemets begynnelse som aldri samlet seg til større legemer.

9. Hva er den *egentlige* kilden for energi i sola?

Fusjon av fire protoner til en heliumkjerne frigjør energi fordi massen av de fire protonene er 0.7 prosent høyere enn massen til heliumkjernen. Da frigjøres en energi  $E = mc^2$  i henhold til Einsteins berømte ligning, hvor  $m$  er masseforskjellen mellom de fire protonene og heliumkjernen.

Bedømmelsen: Det er naturligvis positivt med enda mer detalj, men det bør ikke telle for mye.

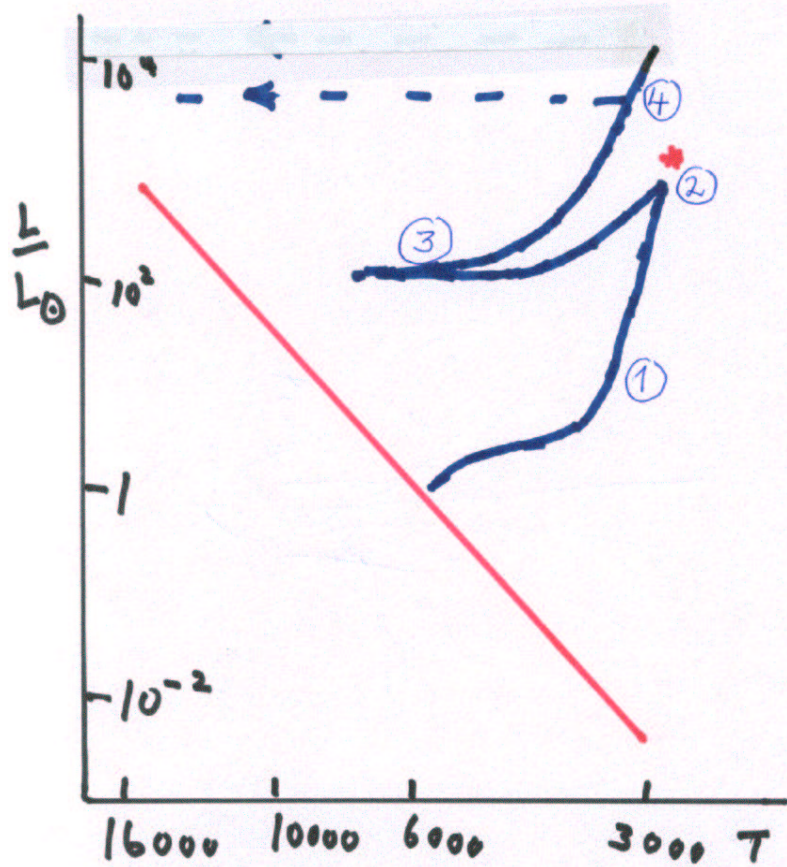
Dette spørsmålet er nok litt uheldig formulert, noe man bør ta hensyn til ved sensureringen.

10. Tegn opp Hertzsprung-Russell diagrammet så nøyaktig du kan. Sett på riktige akser og tegn inn hovedserien (main sequence), kjempegrenen og superkjempegrenen. Merk av hvor sola ligger i diagrammet. Hvor finner vi hvite dverger?

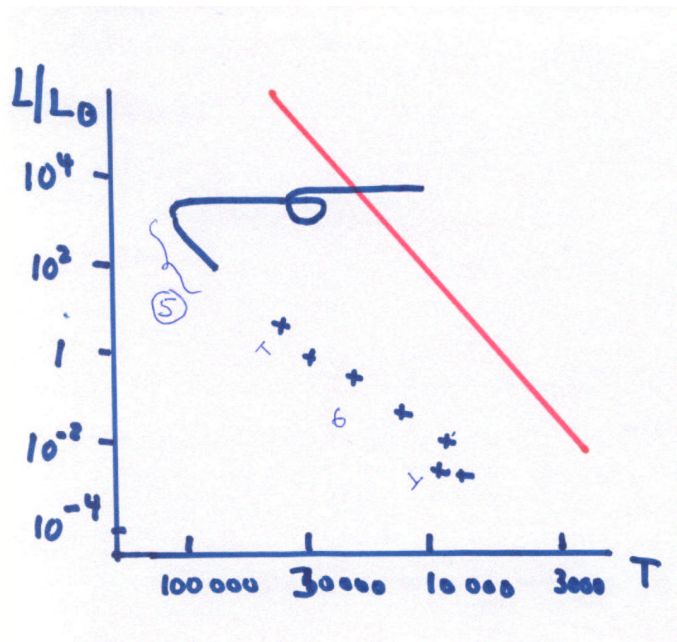
Se figurene 10-3 til 10-5 i boka. Det er viktig at hovedserien og sola blir lagt riktig i diagrammet og at der er rimelig korrekt samsvar mellom a) luminositet og absolutt magnitudo akse og b) spektraltypen og temperatur akser.

11. Hvordan går solas utviklingsvei i et Hertzsprung-Russell diagram fra den forlater hovedserien til den ender opp som en hvit dverg? Tegn en *skjematisk* skisse og merk av og omtal stedene for viktige prosesser og hendelser som hydrogen skallbrenning, helium flash og etterfølgende jevn brenning av helium i kjernen, helium skallbrenning på den asymptotiske kjempegrenen, og avslutt med veien mot en hvit dverg. (Siden tegningen er skjematisk er det ikke nødvendig at den er veldig nøyaktig, men utviklingsstadiene må klart indikeres.)

Hydrogenbrenning i kjernen skjer på hovedserien avmerket med rødt i figur 3. Sola utvider seg og blir en kjempestjerne under hydrogen skallbrenning merket (1). Heliumflash, eksplosiv antennelse av Helium til Karbon, inntreffer når lysstyrken er omtrent 2000 ganger sterkere enn i dag, ved (2).



Figur 3: Utviklingsvei for sola fra hovedserien til den asymptotiske kjempegrenen



Figur 4: Sola i slutfasene mot hvit dverg

Fase (3) befinner seg på horisontalgrenen, med noenlunde jevn brenning av helium til karbon i kjernen. Fase (4) er helium skallbrenning, på den asymptotiske kjempegrenen, med ny utvidelse av radius til 1 AU.

Samtidig kaster sola av masse i episoder, det dannes en planetarisk tåke. Brenning av karbon til tyngre stoffer skjer ikke for sola, massen er for lav. Den nakne kjernen består nå av karbon og oksygen, den er degenerert, på størrelse med jorda. Som sentral-stjerne i den planetariske tåken (5) kan den nå temperaturer på opp til 100,000 K på overflaten. Senere kjølnes den til en vanlig hvit dverg (6) (se figur 4).

12. Hva er forskjellen på røde, hvite og brune dverger?

Røde dverger er de minste og svakeste stjernene på hovedserien. De er røde fordi de har lav temperatur. Hvite dverger er rester etter stjerner, det som er igjen etter at de har kastet av seg masse i planetariske tåker. De består av degenerert gass, de er på størrelse med jorda. Meget lys-svake fordi de er så små, og de er varme fordi de utgjør tidligere kjerner i stjerner. Brune dverger er stjerner som ikke hadde nok masse til å starte fusjon av hydrogen til helium i kjernen. Deres masse er mindre enn 0.08 solmasser.

13. Hva er en nova? Kan en stjerne bli nova mer enn en gang?

I et dobbeltstjernesystem hvor stjernene står nær hverandre og hvor en av stjernene er en hvit dverg og den andre er en rød kjempe vil det kunne skje masseoverføring fra den røde kjempen til den hvite dvergen av gass med mye hydrogen. Det bygger seg opp hydrogen på overflaten av den hvite dvergen som blir presset sammen av den sterke gravitasjonen. Temperaturen stiger og når den når ca 10 million grader starter hydrogenfusjon til helium. Resultatet er en luminositetsøkning med en faktor på flere hundre tusen. Denne prosessen kan gjenta seg flere ganger.

14. Hvordan kan Cepheide-stjerner brukes til å måle kosmiske avstander?

En Cepheide er en pulserende stjerne der det finnes en sammenheng mellom pulsasjonsperiode  $P$  (typisk 4-60 dager) og absolutt magnitudo  $M$ . Desto lengre periode, desto sterkere er stjernen. Perioden i variasjonen av lysstyrken er lett å måle og gir oss den absolutte magnituden,  $M$ . Måler vi den apparente magnituden  $m$ , kan vi beregne avstanden  $d$  fra avstandsmodulen  $m - M = 5/\log_{10}d - 5$ . Cepheidene er sterke F og G stjerner og kan sees på lang avstand, i fjerne galakser.

15. Hva er forskjellen på populasjon I og populasjon II stjerner? Hvor finner vi de forskjellige populasjonene i vår galakse?

Populasjon II stjerner har relativt mye mindre mengder av alle grunnstoffer tyngre enn Helium enn populasjon I stjerner. Det antas at populasjon II stjerner er de eldste og at populasjon I stjerner er bygget opp av materie som allerede har vært prosessert gjennom kjernebrenning i tidligere stjerner. Populasjon I stjerner finner vi der stjernedannelse fortsatt foregår: i galakseskiven og i galakse kulen. Populasjon II stjerner finner vi hovedsakelig i haloen (bl.a. i kulehoper) og i galakse kulen.

16. Formuler Hubbles lov. Hvordan kan vi bruke den til å anslå universets alder?

$v = H_0 d$ , der  $v$  er hastigheten til galaksene bort fra oss, målt ved rødforskyvningen,  $H_0$  er Hubbles konstant (subskript "0" er der siden vi måler Hubbles konstant "nå" i vår epoke) og  $d$  er avstanden til galaksene.

Dersom vi antar at universet begynte i et punkt og at alle galaksene har beholdt sine utgangshastigheter,  $v$ , fra den opprinnelige eksplosjonen, så blir avstanden,  $d$ , fra eksplosjonen til et objekt gitt av hastigheten ganger en tid  $t_0$  som er universets alder: Altså

$$d = vt_0 = v/H_0,$$

hvor vi har brukt Hubbles lov i den siste likheten. Vi kan altså tilnærmet sett for alderen til universet

$$t_0 \sim \frac{1}{H_0}.$$

Vi har ikke regnet med at utvidelsen bremses opp av gravitasjon eller eventuelt spides opp.