

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: AST1010 - Astronomi - en kosmisk reise

Eksamensdag: Onsdag 13. november 2013

Tid for eksamen: 0900-1200

Oppgavesettet er på 2 sider

Vedlegg: Ingen

Tillatte hjelpemidler: Ingen

*Kontroller at oppgavesettet er komplett
før du begynner å besvare spørsmålene.*

Det anbefales å gi korte svar på hvert spørsmål, men å svare på så mange av spørsmålene som mulig. Hvert spørsmål teller likt ved bedømmelsen, men det legges vekt på at besvarelsen demonstrerer en viss kunnskapsbredde.

1. Hva er nymåne og hva er fullmåne? Hvordan står sola og månen i forhold til jorda ved disse to månefasene? Forklar gjerne ved hjelp av en figur.

Nymåne har vi når den opplyste siden av månen vender vekk fra jorden, fullmåne når den opplyste siden vender mot jorden. Ved nymåne står månen mellom jorden og solen, ved fullmåne står jorden mellom solen og månen. Det er også ved fullmåne av vi kan ha totale måneformørkelser, dersom månen blir helt dekket av jordens skygge.

2. Forklar hva vi mener med at Mars har retrograd bevegelse. Hvordan ble dette forklart i det geosentriske verdensbildet? Hva er den heliosentriske forklaringen?

Retrograd bevegelse har vi når en planet, sett fra jorden, ser ut til å stoppe opp i banen sin i forhold til stjernene, beveger seg motsatt vei, for så igjen å snu og bevege seg i den opprinnelige

bevegelsesretningen igjen. I det geosentriske verdensbildet måtte man forklare dette ved å postulere at sentrene for episyklene til planetene og den (midlere) sol lå på samme rette linje hele tiden. I det heliosentriske verdensbildet er forklaringen ganske enkelt at planetene beveger seg med forskjellige hastigheter i banene sine. Når jorda tar igjen, for eksempel, en av de ytre planetene, vil det se ut som om de begynner å bevege seg baklengs.

3. Skriv ned Keplers tre lover for planetbevegelse.

Keplers første: Planetene beveger seg i ellipsebaner med sola i det ene brennpunktet.

Keplers andre: Linja mellom en planet og sola sveiper over like store areal i løpet av like lange tidsrom.

Keplers tredje: Omløpstiden i andre potens er proporsjonal med midlere avstand til sola (strengt tatt: store halvakse i ellipsebanen) i tredje potens. Eventuelt: $P^2=a^3$, der P måles i år og a i astronomiske enheter (AU.)

4. Hvilke fordeler er det med å gjøre astronomiske observasjoner fra satellitter i bane rundt jorda sammenlignet med bakkebaserte observasjoner?

Jordas atmosfære absorberer elektromagnetisk stråling på de fleste bølgelengder. Bare synlig lys, radiobølger og noe IR-stråling når ned til bakken. Ved å observere fra satellitter får vi tilgang til de bølgelengdene som absorberes av atmosfæren, slik som røntgen- og gammastråling. En annen viktig fordel er at man slipper unna dårlige værforhold, og at observasjonene ikke blir forstyrret av turbulens i atmosfæren ("seeing".)

5. Hva er den viktigste grunnen til at jordskorpa har mange færre meteorkratre enn månens overflate?

Jordskorpa fornyes på grunn av platetektonikk, mens månen sluttet å være geologisk aktiv for milliarder av år siden.

Gjennomsnittsalderen til jordskorpa er bare noen få hundre millioner år, og spor etter kratre dannet tidlig i solsystemets historie er derfor blitt visket vekk.

6. Forklar i korte trekk hvordan vi tenker oss at vårt eget solsystem ble dannet.

Solsystemet ble dannet fra en roterende sky av gass som begynte å trekke seg sammen på grunn av tyngdekraftene. Bevaring av banespinn førte til at gassen hadde lettere for å falle inn langs rotasjonsaksen enn på tvers av den, slik at resultatet ble en flattrykket struktur. Små støvklumper slo seg sammen og dannet planetesimaler, som så klumpet seg sammen til protoplaneter i bane rundt protosola. Lette grunnstoffer som hydrogen og helium kunne ikke kondensere nær den varme protosola, men ble fraktet med stjernevinder til de ytre delene av solsystemet der de kondenserte rundt det som til slutt ble gasskjempene. Slik fikk vi steinplaneter innerst og gasskjemper ytterst i solsystemet.

7. Solas synlige ”overflate”, fotosfæren, har en temperatur på omtrent 5780 K. Beskriv hvordan temperaturen endrer seg videre utover i solas atmosfære.

Fotosfæren er det nederste laget og det vi ser som solens ”overflate”. Over fotosfæren ligger kromosfæren med temperatur ca. 8000 K og tykkelse omlag 1000-1500 km. I transisjonslaget stiger temperaturen raskt og ender etter noen titalls kilometer på 1,000,000 K i koronaen.

8. Hva er tilsynelatende størrelsesklasse (”apparent magnitude”) og absolutt størrelsesklasse (”absolute magnitude”)? Forklar hvordan kjennskap til begge kan brukes til å bestemme avstanden til en stjerne.

Tilsynelatende størrelsesklasse er et mål på hvor sterkt en stjerne synes å lyse. Den er et logaritmisk mål på intensitet. Absolutt størrelsesklasse angir den virkelige lysstyrken for en stjerne og defineres som den tilsynelatende størrelsesklassen den vill hatt dersom den var i en avstand på 10 parsec. Dersom vi kjenner begge for en stjerne, kan vi regne ut avstanden ved hjelp av relasjonen $m - M = 5 \log d - 5$, der m er den tilsynelatende størrelsesklassen, M den absolutte og d er avstanden i parsec. Størrelsen $m - M$ kalles avstandsmodulen.

9. Tegn et Hertzsprung-Russell-diagram. Sørg for å ha riktige enheter på aksene. Marker hvor vi finner hovedserien, sola, røde kjemper, superkjemper og hvite dverger i diagrammet.

Se læreboka side 288, figur 11-13.

10. Hvilken klasse stjerner tilbringer kortest tid på hovedserien av O-stjerner og G-stjerner? Begrunn svaret.

O-stjerner stråler sterkere og har høyere masse enn G-stjerner. Men mens lysstyrken til en hovedseriestjerne øker med massen i fjerde potens (omtrent), øker mengden fusjonerbart materiale bare proporsjonalt med massen. En O-stjerne slipper derfor opp for drivstoff mye raskere enn en G-stjerne, og den forlater derfor hovedserien først.

11. Gi en kort beskrivelse av solas videre utvikling etter at den har forlatt hovedserien i Hertzsprung-Russell-diagrammet.

Når solen har brukt opp hydrogenet i kjernen, vil kjernen begynne å trekke seg sammen. Den hydrogenrike gassen utenfor kjernen blir komprimert og varmet opp nok til at hydrogenfusjon starter i et skall med en tykkelse på noen tusen kilometer. Skallbrenningen generer så mye energi at gasslagene utenfor varmes opp og ekspanderer. Da kjøles den ned. Overflatetemperaturen synker, men radius øker så mye at den totale utstrålingen fra sola vil øke. Den beveger seg oppover til høyre i HR-diagrammet og blir en rød kjempe. I denne prosessen har vi også massetap på grunn av stjernevinder. Heliumfusjon starter i kjernen (i sola vil vi da få et heliumflash), og etter dette vil sola krympe noe og bevege seg langs horisontalgreina. Når heliumet i kjernen er brukt opp, trekker igjen kjernen seg sammen samtidig som de ytre lagene ekspanderer. Fusjon av hydrogen og helium foregår i skall, helium i det innerste. Luminositeten øker, mens overflatetemperaturen avtar, så sola beveger seg langs den asymptotiske kjempegreina, oppover til høyre i HR-diagrammet. Dette skjer under kraftig massetap, det blir dannet en planetarisk tåke. Kjernen komprimeres, men temperaturen blir ikke høy nok til at nye fusjonsreaksjoner starter. Vi sitter til slutt igjen med en hvit dverg som langsomt vil kjøles ned og ende opp i nedre venstre hjørne av HR-diagrammet.

12. 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 har vært prosessert gjennom kjernebrenning i tidligere stjerner. Populasjon I-stjerner finner vi der stjernedannelse fortsatt foregår: i galakseskiven og i kjerneutbulningen. Populasjon II-stjerner finner vi hovedsaklig i haloen (bl.a. ikulehoper) og i kjerneutbulningen.

13. Bortsett fra formen, hva er de viktigste forskjellene mellom elliptiske galakser og spiralgalakser?

I elliptiske galakser er stjernebevegelsene tilfeldige og uordnede. I spiralgalakser går stjernene i skiva i velordnede sirkulære baner. Elliptiske galakser har lite gass og nesten bare gamle stjerner. Ingen nydannelse av stjerner skjer. Spiralgalakser har mye gass i skiva, og en blanding av unge (i skiva) og gamle (i haloen) stjerner. Nydannelse av stjerner skjer i skiva. Elliptiske galakser viser også en mye større variasjon i størrelse og utstråling enn spiralgalakser.

14. Hvorfor mener vi at universet ekspanderer?

Hubble observerte at galaksene er på vei vekk fra hverandre. Mer presist så ser vi at fjerne galaksehoper beveger seg vekk med hastigheter som øker med avstanden. I den generelle relativitetsteorien tolkes dette som at rommet mellom galaksehopene strekkes ut. Universet utvider seg.

15. Hva er horisontproblemet og hva er flathetsproblemet? Forklar hvordan en inflasjonsfase i det tidlige univers kan løse disse to problemene.

Det finnes flere måter å formulere disse problemene på. For eksempel:

- **Horisontproblemet: Vi ser at den kosmiske bakgrunnsstrålingen har en temperatur på 2.7 K, uansett retningen vi observerer i. Den ble sluppet fri for nesten 14 milliarder år siden, og to punkter som ligger diametralt**

motsatt hverandre på himmelen kan da aldri ha vært i kontakt med hverandre i løpet av de 14 milliarder årene universet har eksistert. Hvordan kan de da ha samme temperatur?

- **Flathetsproblemet: Vi observerer at universet i dag har en tetthet svært nær den kritiske tettheten for å ha et flatt univers. Dersom tettheten var høyere eller lavere enn denne til å begynne med, ville den ha utviklet seg mot verdier som lå lenger og lenger unna med tiden. For at vi skal måle den tettheten vi måler i dag, må derfor tettheten i utgangspunktet vært nær den kritiske tettheten med ufattelig presisjon.**

Inflasjon løser disse to problemene ved å postulere at det tidlige univers i en kort periode utvidet seg med en voldsom faktor. Punkter som vi ser ligger langt unna hverandre i dag kan da ha startet ut mye nærmere hverandre, nær nok til at de hadde tid til å komme i termisk likevekt før inflasjon blåste dem vekk fra hverandre. En slik kraftig ekspansjon vil også få et område som i utgangspunktet var krumt til å se flatt ut. Slik løses både horisont- og flathetsproblemet.

16. Hva menes med begrepet ”den beboelige sonen” rundt en stjerne?

Den beboelige sonen defineres vanligvis som det avstandsintervallet rundt en stjerne hvor temperaturforholdene er slik at vann i flytende form kan eksistere på overflaten av en eventuell jordlignende planet. Forholdene på en slik planet vil da kunne ligge til rette for at karbonbaserte livsformer kan oppstå på planeten.