

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: AST1010 - Astronomi - en kosmisk reise

Eksamensdag: 9. mai

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. Forklar årsaken til at vi har årstider på jorda.

Årstidene på jorda skyldes at rotasjonsaksen heller omtrent 23 grader med baneplanet. Det fører til at sola vil tilbringe kortere tid over horisonten og stå lavere på himmelen til bestemte tider av året i forhold til hva den gjør til andre tider. At sola står senere opp og går ned tidligere, fører til at bakken mottar mindre energi i løpet av et døgn. At den står lavere på himmelen gjør at energien blir spredt over et større areal. Da er det vinter. Sommer har vi når solen er oppe lenge og står høyt på himmelen.

2. Nevn to viktige oppdagelser som Galileo Galilei gjorde med teleskopet sitt, og forklar hvorfor de var problematiske for det geosentriske verdensbildet.

Oppdagelsene av fasene til Venus og de fire største Jupitermånene var problematiske for det geosentriske verdensbildet. I det geosentriske verdensbildet kan ikke Venus vise et fullstendig sett av faser fra ny til ne, slik Galileo fant. Oppdagelsen av de galileiske månene viste at ikke alle legemer i solsystemet går i bane rundt jorda.

3. Skriv ned Keplers tre lover for planetbevegelsene.

1) Planetene beveger seg i ellipsebaner rundt sola, med sola i det ene brennpunktet. 2) Forbindelseslinja mellom en planet og sola sveiper over like store areal i like lange tidsrom. 3) Kvadratet av omløpstida til en planet målt i år er lik tredje potens av store halvakse i ellipsebanen (røft lik midlere avstand) målt i astronomiske enheter (AU).

4. Hvilken planet av Merkur og Venus har høyest middeltemperatur? Begrunn svaret.

Selv om Merkur er nærmest, og dermed har høyest innstråling av energi fra sola, er det Venus som har den høyeste middeltemperaturen av de to. Merkur har ingen atmosfære, mens Venus har en tykk atmosfære med 95% karbondioksid, noe som fører til en løpsk drivhuseffekt og kraftig oppvarming av planeten. Den tykke atmosfæren sammen med kraftige vinder sørger også for at temperaturen er jevn over hele planeten hele tiden.

5. Velg to teknikker som brukes for å finne eksoplaneter (planeter i bane rundt andre stjerner) og forklar kort hvordan de virker.

De to viktigste teknikkene er dopplermetoden og formørkelsesmetoden. I dopplermetoden ser man etter endringer i bølglengden til kjente spektrallinjer i stjernespekteret. Stjerna og planeten beveger seg i ellipsebaner rundt sitt felles tyngdepunkt. Når stjerna er på vei mot oss, blir spektrallinjene blåforskjøvet, når den beveger seg vekk fra oss blir de rødforskjøvet. I formørkelsesmetoden ser man etter fall i lyskurven fra stjerna som skyldes at en planet passerer mellom oss og stjerna og blokkerer for noe av lyset. En svakhet med denne metoden er at endringene i lyskurven ikke er målbare om ikke vår synslinje sammenfaller ganske nøyaktig med baneplanet til planeten.

6. a) Dersom den vanlige modellen for dannelsen av solsystemet gjaldt for alle planetsystemer, forventer du å finne gassplaneter nær en stjerne? Begrunn svaret.

Modeller for dannelsen av vårt solsystem leder oss til å forvente at gassplaneter ikke dannes nær en stjerne. De består hovedsakelig av lette grunnstoffer med lav kondensasjonstemperatur, og nær stjerna vil det være for varmt til at de kan kondensere. I tillegg vil stjernevinder frakte disse lette grunnstoffene vekk.

b) Oppfyller flertallet av eksoplanetsystemer som er funnet til nå dine forventninger i a)? Forklar hvorfor disse systemene ikke nødvendigvis utgjør et representativt utvalg.

Flertallet av kjente eksoplanetsystemer har gassplaneter nær stjerna, i strid med våre forventninger. Men fordi teknikkene man har oppdaget de fleste eksoplanetene med, dopplermetoden og formørkelsesmetoden, favoriserer oppdagelse av nettopp store planeter nær en stjerne, utgjør ikke de kjente systemene nødvendigvis et representativt utvalg av planetsystemene i Melkeveien. Det er for tidlig å si om det er noe spesielt med vårt solsystem.

7. Hva heter laget av sola som utgjør dens synlige ”overflate”? Hvordan kan vi finne temperaturen til dette laget?

Det er fotosfæren som utgjør solas synlige overflate. Temperaturen kan vi finne med å måle kontinuumspekteret til sola, som kan tilnærmet regnes som et sort legeme, og bruke Wiens lov: Bølgelengden der intensiteten er maksimal er omvendt proporsjonal med temperaturen. Sola stråler sterkest ved en bølgelengde på omtrent 500 nm, midt i det synlige området. Dette svarer til en temperatur på ca. 5800 K.

8. Omtrent hvor lang tid bruker energien som lages i solas kjerne på å nå fotosfæren? Hvorfor tar det så lang tid?

Solas energi bruker ca. 200 000 år på å nå fotosfæren. Dette skyldes at fotonene som blir produsert i kjernen gjennom store deler av veien til overflaten blir spredt på frie elektroner og ioner, samt absorbert og re-emittert. De beveger seg derfor ikke fritt i en rett linje, men i sikk-sakk i

en virrevandring mot fotosfæren. Den effektive veilengden de må tilbakelegge er derfor enormt mye større enn solas radius.

9. Tegn et Hertzsprung-Russell-diagram. Sørg for å ha riktige enheter på aksene. Marker solas posisjon i diagrammet.

Se læreboka side 254, figur 11-13.

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

Stjerners levetid på hovedserien avtar med økende masse. En O-stjerne er mer massiv enn en G-stjerne, og tilbringer derfor kortere tid på hovedserien.

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

Sola vil forlate hovedserien når den har brent alt hydrogenet i kjernen til helium. De sentrale områdene vil trekke seg sammen, og fallenergien som gjøres om til bevegelsesenergi vil varme opp hydrogenet i et skall utenfor kjernen nok til at fusjon av hydrogen starter i dette skallet. Energien som frigjøres varmer opp de ytre delene av sola og får gassen til å utvide seg. Ute ved overflaten vil imidlertid temperaturen falle. Sola vil nå ha blitt til en rød kjempe med diameter på omtrent 1 AU. Heliumet i kjernen fortsetter å trekke seg sammen inntil temperaturen er blitt høy nok til at fusjon av helium kan starte. I sola vil dette skje i et såkalt heliumflash før en fase med roligere heliumfusjon overtar. Men igjen vil drivstoffet i kjernen bli brukt opp, de sentrale områdene trekker seg sammen, og frigjort fallenergi tenner skallbrenning av helium, med et skall med hydrogenfusjon utenfor det igjen. Sola vil utvide seg ytterligere og bli en AGB-stjerne. Sterke stjernevinder fører til at sola kaster av seg de ytre gasslagene og dumper mye av massen sin tilbake til verdensrommet. Det dannes en interplanetarisk tåke. Bare en kompakt kjerne av karbon og oksygen, holdt oppe av trykket i en degenerert elektrongass blir igjen. Sola ender livet sitt slik, som en hvit dverg.

12. Hva er den fysiske betydningen av Chandrasekhar-massen? Forklar hvorfor den er relevant for supernovaeksplosjoner av type 1a.

Chandrasekhar-massen er den største massen en degenerert elektrongass kan holde oppe mot gravitasjonskollaps. Den er omtrent 1.4 solmasser, og representerer den øvre grensen for massen til en hvit dverg. Den er relevant for supernovaer av type 1a, fordi vi tror at disse skyldes hvite dverger. Enen en hvit dverg som trekker til seg masse fra en kompanjong, eller to hvite dverger som kolliderer. Resultatet er i begge tilfeller at Chandrasekhar-massen overskrides, og den hvite dvergen blir ustabil. Den begynner å falle sammen, termionukleære reaksjoner tennes eksplosivt, og hele stjerna blåses i filler.

13. Hvorfor mener vi at det må finnes mørk materie i Melkeveien?

Målinger av rotasjonshastighet til stjerner og gass rundt sentrum av Melkeveien viser at de ytre delene av galaksen beveger seg med høyere fart enn man kan forklare ved tyngdefeltet som settes opp av den synlige materien. Den beste forklaringen vi har, er at masse som ikke vekselvirker merkbart med elektromagnetisk stråling, mørk materie, bidrar med ekstra tyngdekrefter.

14. Nevn to viktige forskjeller mellom elliptiske galakser og spiralgalakser utover formen.

I elliptiske galakser er stjernevegelsene 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.

15. Skriv ned Hubbles lov og forklar hva den betyr. Kan en galakse fjerne seg fra oss med en hastighet som er høyere enn lyshastigheten? Hvorfor/hvorfor ikke?

Hubbles lov sier at $v = H_0 \times d$. Her er v farten til en fjern galakse(hop) vekk fra oss langs synslinjen, d er dens avstand, og H_0 er Hubbles konstant. Vi ser at dersom $d > c/H_0$ sier Hubbles lov at $v > c$, der c er lyshastigheten. Dette er imidlertid ikke noe problem. Farten v er ingen fysisk hastighet som kan måles på et speedometer. Galaksenes bevegelse vekk fra oss skyldes rommets ekspansjon, ikke at galaksene beveger seg gjennom rommet. Relativitetsteorien setter ingen øvre fartsgrense for rommets ekspansjon.

16. En venn kommer bort til deg og sier at han er blitt overbevist om at universet er 6000 år gammelt. Hvilke astronomiske argumenter kunne du bruke for å vise ham at han tar feil?

Her er det mange argumenter å velge i. Datering av jorda ved hjelp av radioaktive stoffer viser at den må være ca. 4.55 milliarder år gammel. Meteoritter kan dateres, og er tilsvarende gamle. Modeller for stjerneutvikling og observasjon av Hertzsprung-Russell-diagrammet for kulehoper viser at de eldste stjernene er mer enn 12 milliarder år gamle. Vi har målt avstander til objekter som er milliarder av lysår unna, hvilket betyr at lyset har brukt milliarder av år på reisen, noe som igjen betyr at universet må være minst like gammelt. Målinger av Hubblekonstanten sammen med Big Bang-modellen tilsier at universet har utvidet seg i nesten 14 milliarder år.