

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: AST1010 - Astronomi - en kosmisk reise

Eksamensdag: 15. november 2012

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 hva retrograd bevegelse er, og hvorfor den er enklere å forstå i det heliosentriske verdensbildet enn i det geosentriske.

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.

2. Skriv ned Keplers tre lover for planetenes bevegelser.

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.)

3. Hva er Dopplereffekten? Forklar hvordan den brukes til å måle stjerners hastigheter relativt til oss.

Dopplereffekten får vi når en lyskilde beveger seg i forhold til oss langs synslinjen. Bølgelengden til en kjent spektrallinje vil bli forskjøvet mot lengre bølgelengder (rødforskyvning) ved bevegelse vekk fra oss, og mot kortere bølgelengder (blåforskyvning) dersom bevegelsen er mot oss. Bevegelse på tvers av synslinjen gir ingen Dopplereffekt. Graden av forskyvning er proporsjonal med hastighetskomponenten langs synslinjen. Ved å sammenligne posisjonen til kjente linjer i spektre fra stjerner med posisjonen til de samme linjene målt i laboratoriet, kan vi derfor måle deres hastigheter relativt til oss.

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. Ved hvilken månefase kan vi ha en total solformørkelse? Forklar hvorfor vi ikke får en formørkelse hver gang denne fasen inntreffer.

En total solformørkelse får vi når månen kommer mellom sola og jorda. Dette svarer til nymåne. At vi kan få totale solformørkelser skyldes at månen og sola har omtrent samme vinkelstørrelse på himmelen. Men månens baneplan heller ca. 6 grader i forhold til jordas baneplan, og i tillegg varierer avstanden mellom jorda og sola. Dermed vil ikke månen alltid dekke hele solskiva ved nymåne.

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 flatt trykt 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. Hva er solflekker, og hva skyldes de?

Solflekker er områder i solas fotosfære som har lavere temperatur enn omgivelsene, og derfor fremtrer som mørke flekker. Hver solflekk har en mørk umbra omgitt av en lysere penumbra. Solflekkene skyldes solas magnetfelt. I solflekkene solas magnetfelt sterkest, sterkt nok til å hindre varm gass i å bli fraktet til overflaten. Det er derfor flekkene er kaldere enn omgivelsene.

8. Hva besto det solare nøytrinoproblemet i? Hva viste seg å være løsningen på det?

Kjernereaksjonene i solas indre produserer elektronnøytrinoer, og basert på solas utstråling kan vi regne ut hvor mange slike nøytrinoer som blir produsert. Da man registrerte elektronnøytrinoer fra sola som traff jorda, fant man bare ca. 1/3 av det forventede antallet. Dette var det solare nøytrinoproblemet. Løsningen fant man da man ble i stand til å registrere de to andre typene nøytrinoer i tillegg, myon- og taunøytrinoer. Da alle nøytrinotypene ble tatt med, stemte regnskapet. Elektronnøytrinoer fra sola kan derfor bli til myon- og taunøytrinoer på veien til jorda. Dette er mulig dersom nøytrinoene har masse. Det er dette som er løsningen på det solare nøytrinoproblemet.

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

Se læreboka, figur 11-13 på side 254.

10. Hva skjer når en stjerne eksploderer som en supernova av type II, og hvilken rolle spiller nøytrinoer i prosessen som fører til eksplosjonen?

Stjerner som er 8-10 ganger så massive som sola vil fusjonere alle grunnstoffer opp til og med jern i kjernen sin. Men etter at jern er dannet, stopper fusjonsprosessene opp. Jernkjernen kollapser, og i denne prosessen dannes det gammastråling som spalter atomkjernene. Da dannes det også store mengder nøytrinoer. Sjokkbølgene som dannes når kjernen kollapser skyver de ytre lagene vekk. Men simuleringer viser at uten nøytrinoene, ville sjokkfronten ha stoppet opp. For å forklare eksplosjonen trenger vi derfor det ekstra ”puffet” fra den intense nøytrinostrålingen, som utgjør 99% av energien som frigjøres i en supernovaeksplosjon av type II.

11. Hva er en pulsar?

En pulsar er en roterende nøytronstjerne. Nøytronstjerner er rester etter supernovaeksplosjoner, kompakte objekter med masser opp til 2-3 ganger solas, og med radius på 10-15 km. De har svært sterke magnetfelt, og magnetfeltets akse er ikke nødvendigvis langs rotasjonsaksen. Ladde partikler som elektroner akselereres i magnetfeltet og sender ut stråling som blir fokusert langs magnetfeltets akse. Hvis denne sveiper over synslinja vår, kan vi se en pulsar. Pulsarene har perioder ned til noen milisekunder.

12. Skissér Hubbles stemmegaffeldiagram. Hvilken type galakse er Melkeveien?

Se læreboka, figur 16-8a, side 371. Melkeveien er en stangspiralgalakse, antageligvis en mellomting mellom en SBb- og en SBc-galakse.

13. Hvorfor mener vi at det må finnes et sort hull i sentrum av Melkeveien?

Hovedgrunnen til at vi mener at det finnes et sort hull i sentrum av Melkeveien er observasjoner av baner til stjerner nær sentrum. Ved å måle omløpstid og størrelsen på banen, kan man bruke Keplers tredje lov på utvidet form til å beregne massen til sentralobjektet. Den viser seg å være rundt fire millioner solmasser. Banenes størrelse viser også at denne massen må være pakket inn i et lite område. Den eneste type objekt vi vet om som oppfyller begge disse kravene, er sorte hull.

14. Hva er en aktiv galaksekjerne? Hva er energikilden i et slikt system?

Aktive galaksekjerner observeres som Seyfertgalakser, radiogalakser, blazarer og kvasarer. Felles for de alle er at svært høye energier stråler ut fra de sentrale områdene i en galakse. Energikilden er et sort hull med masse opp til flere milliarder ganger solas. Energien frigjøres når gass faller inn mot det sorte hullet og danner en oppsamlingskive (accretion disk.)

15. Hvorfor mener kosmologer at universet er fylt med mørk energi? Kan mørk energi være det samme som mørk materie? Begrunn svaret.

Et argument for mørk energi er at målinger viser at universet har flat geometri, noe som betyr at tettheten er lik den kritiske, og at mørk og baryonisk materie til sammen bare utgjør omtrent 30 prosent av den kritiske tettheten. De resterende 70 prosent må da være noe helt annet. Et annet, og mer direkte argument for mørk energi er målingene av avstand og rødforskyvning for supernovaer av type Ia. Disse målingene viser at universet utvider seg raskere nå enn det gjorde før, ekspansjonen akselererer. For å få til dette trenger vi en ny type energi som kan lage frastøtende tyngdekrefter, og dette er den mørke energien. Mørk materie må ha tiltrekkende tyngdekrefter, og kan derfor ikke være det samme som mørk energi.

16. En gruppe astronomer måler lyskurven til en rød kjempestjerne med samme masse som sola. De legger merke til at lysstyrken synker med jevne mellomrom, for deretter å øke tilbake til normalnivået. Dette gjentar seg med mellomrom på 10 dager. Forklar hvorfor de kan være sikre på at de ikke har oppdaget en ny eksoplanet.

En rød kjempe med solas masse vil ha en radius nær avstanden mellom jorda og sola, rundt 1 AU. Siden massen er lik solas vil en planet i denne avstanden ha en omløpstid på ett år. Omløpstiden avtar med avstanden, så en planet som har en periode på 10 dager ville ha ligget så nær stjerna at den ville ha blitt slukt da stjerna ble til en rød kjempe. Hva det nå enn er astronomene har sett, kan det derfor ikke være en planet.