

# UNIVERSITETET I OSLO

## Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

**Eksamen i: AST1010 - Astronomi - en kosmisk reise**

**Eksamensdag: Onsdag 14. mai 2014**

**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 jorden.

**Årstidene på Jorda skyldes at rotasjonsaksen heller omtrent 23 grader med normalen til baneplanet. Det fører til at Sola tilbringer kortere tid over horisonten og står lavere på himmelen til bestemte tider av året sammenlignet med hva den gjør til andre tider. At Sola står opp senere og går ned tidligere, fører til at bakken mottar mindre energi i løpet av et døgn. At Sola står lavere på himmelen gjør at energien blir spredt over et større areal. Da er det vinter. Motsatt har vi sommer når Sola er over horisonten lenger og står høyere på himmelen.**

2. Nevn to oppdagelser, gjort av Galileo Galilei, som var problematiske for det ptolemeiske verdensbildet, og forklar hvorfor de var det.

**Galilei observerte at Venus har faser på samme måte som Månen. Det lot seg ikke forklare i det ptolemeiske verdensbildet der Venus gikk i bane rundt Jorda. Galilei oppdaget også de fire største månene til Jupiter, og viste slik at ikke alle objekter i solsystemet går i bane rundt Jorda. Dette var også i strid med det ptolemeiske verdensbildet.**

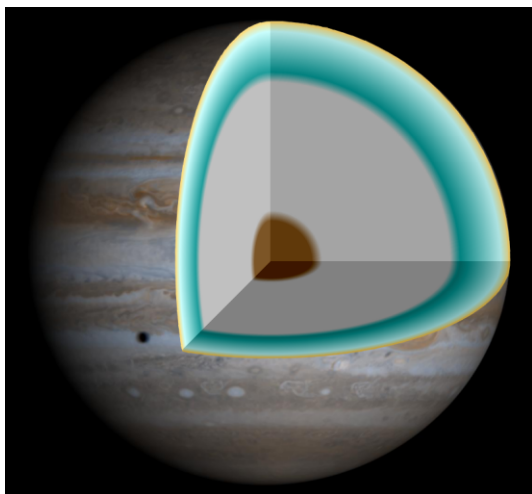
3. Skriv ned Keplers tre lover for planetenes bevegelser.
  1. Planetene går i ellipsebaner, med Sola i ett av brennpunktene.
  2. Forbindelseslinjen mellom en planet og Sola sveiper over like store areal i løpet av like lange tidsrom.
  3. Kvadratet på omløpstiden ( $P$ ) til en planet er proporsjonalt med store halvakse ( $a$ ) i ellipsebanen opphøyd i tredje potens. Dersom  $P$  måles i år og  $a$  i astronomiske enheter (AU) gjelder  $P^2=a^3$ .
4. 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 rettet 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 spektra fra stjerner med posisjonen til de samme linjene målt i laboratoriet, kan vi derfor måle stjernenes hastigheter langs synslinjen relativt til oss.**

5. Hva er forskjellen på synlig lys og røntgenstråling? Hvorfor kan ikke røntgenstråling fra verdensrommet observeres ved Jordens overflate?

**Både synlig lys og røntgenstråling er elektromagnetisk stråling, det eneste forskjellen er bølgelengden: Røntgenstråling har kortere bølgelengde enn synlig lys. Den er derfor mer energetisk. Røntgenstråling fra verdensrommet absorberes i Jordas atmosfære og når derfor ikke ned til overflaten.**

6. Lag en skisse som viser den indre strukturen til Jupiter.



**Innerst: Kjerne av stein og is. Utenfor denne et område med helium og flytende metallisk hydrogen. Så kommer et lag med helium og flytende hydrogen som gradvis glir over i atmosfæren, der både helium og hydrogen er i gassform.**

7. Hvilke to områder i solsystemet mener vi kometer kommer fra? Hvorfor peker halene til en komet alltid vekk fra solen?

**De kortperiodiske kometene kommer hovedsakelig fra Kuiperbeltet, et område som starter like utenfor banen til Neptun. Oortskyen, et kuleformet område med milliarder av stein- og islegemer er hovedkilden til de langperiodiske kometene. Den befinner seg ca. 50 000 AU fra Sola.**

**Kometer har to typer haler: Ionehale og gass- og støvhale. Ionehalen peker vekk fra Sola på grunn av vekselvirkningen med de elektrisk ladede partiklene i solvinden. Gass- og støvhale blir bøyd vekk fra Sola på grunn av strålingstrykket i strålingen fra Sola.**

8. Velg to teknikker som brukes for å finne eksoplaneter og forklar kort hvordan de virker.

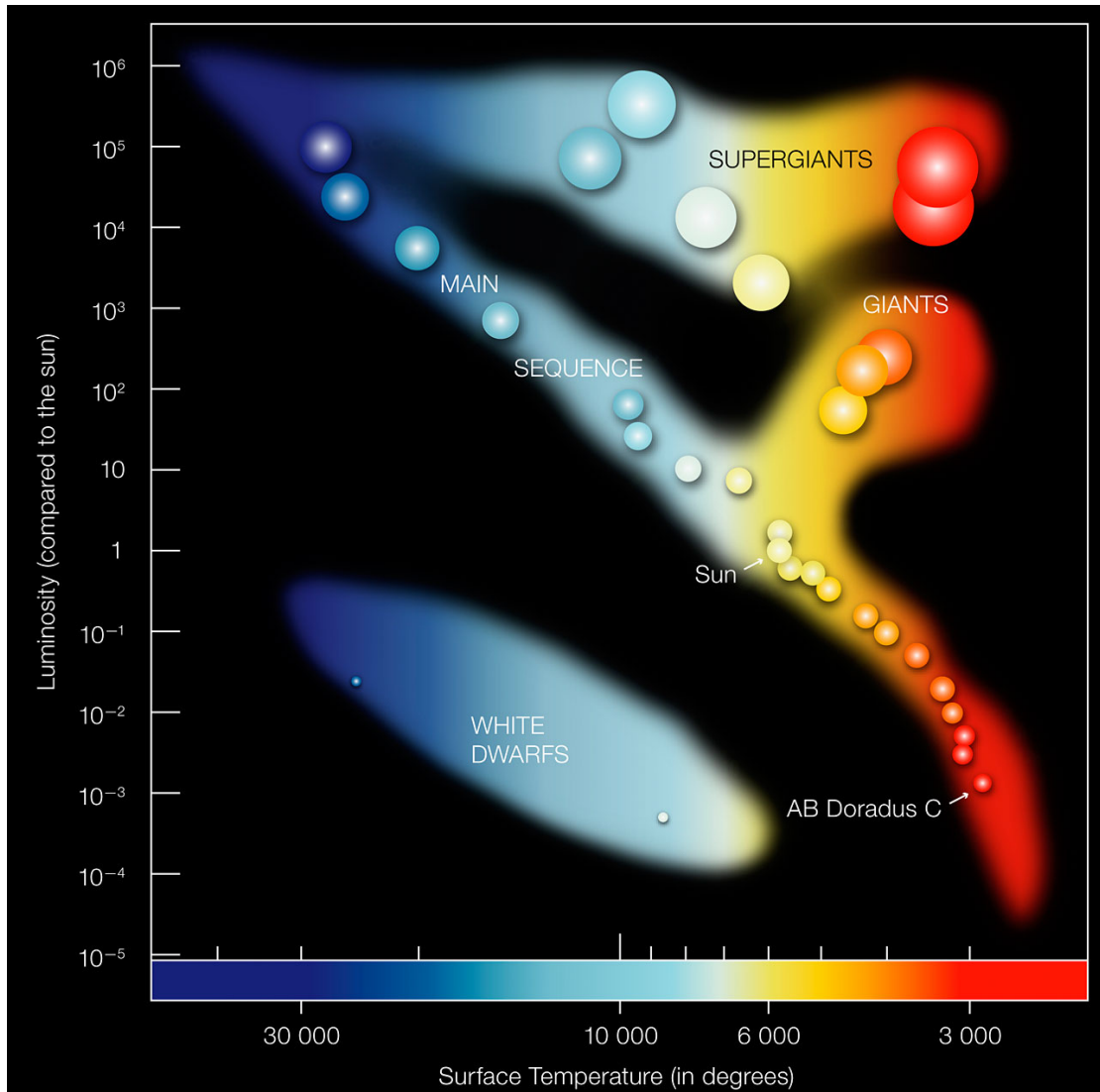
**De to viktigste teknikkene er dopplermetoden og formørkelsesmetoden. I dopplermetoden ser man etter endringer i bølglengden til kjente spektrallinjer i stjernespekteret. Stjernen og planeten beveger seg i**

**ellipsebener rundt sitt felles tyngdepunkt. Når stjernen er på vei mot oss, blir spektrallinjene blåforskjøvet, når den beveger seg mot oss, blir de rødforskjøvet. I formørkelsesmetoden ser man etter fall i lyskurven fra stjernen som skyldes at en planet passerer mellom oss og stjernen og blokkerer noe av lyset.**

9. Beskriv prosessene som produserer energi i solens kjerne.

**Hovedbidraget til Solas energiproduksjon kommer fra den såkalte proton-protonkjeden der nettoresultatet er at fire hydrogenkjerne (protoner) fusjonerer til en  ${}^4\text{He}$ -kjerne. Massen av en slik kjerne er mindre enn massen til de fire opprinnelige hydrogenkjernene, og massedifferensen finnes igjen som energi i henhold til  $E=mc^2$ . Energien frigis i form av elektromagnetisk stråling (gammafotoner) og nøytrinoer. Omtrent 0.7 prosent av den opprinnelige massen omdannes til energi på denne måten.**

10. Tegn et Hertzsprung-Russell-diagram med riktige størrelser langs aksene. Tegn inn hvor i diagrammet vi finner hovedserien, solen, røde kjemper, superkjemper og hvite dverger.



11. Hva er en planetarisk tåke?

**En stjerne som ikke er massiv nok til å gjennomgå alle stadiene av fusjon i kjernen opp til jern og ende live som en kjernekkollapssupernova vil, etter at den har forlatt hovedserien, kaste av seg de ytre gasslagene i flere omganger. Denne gassen kalles en planetarisk tåke.**

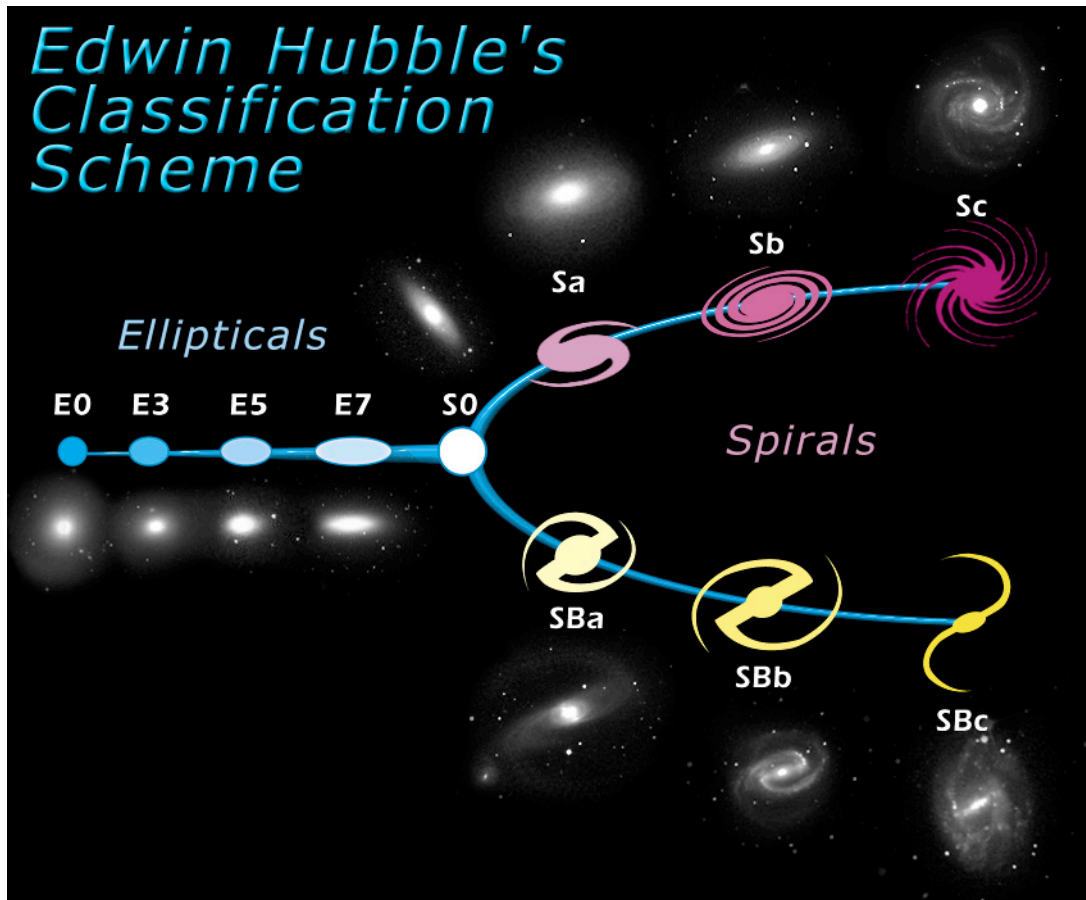
12. Hva skjer i en supernovaeksplosjon av type Ia? Forklar hvordan de kan brukes til å bestemme avstander til fjerne galakser.

**En supernova av type Ia får vi når en hvit dverg får overført så mye masse fra en kompanjongstjerne at den kommer over Chandrasekhargrensen på 1.4 solmasser.**

**Chandrasekharmassen er den største massen en degenerert elektrongass kan holde oppe mot gravitasjonskollaps. En hvit dverg som kommer over denne grensen blir ustabil. Den begynner å falle sammen, termonukleære reaksjoner tennes eksplosivt, og den hvite dvergen blir blåst i filler.**

**Hver gang en supernova av type Ia går av, frigjøres energien fra fusjon av 1.4 solmasser karbon og oksygen. Vi forventer derfor at alle slike eksplosjoner har samme absolutte størrelsesklasse,  $M$ . Ved å måle den tilsynelatende størrelsesklassen,  $m$ , kan vi da bestemme avstanden fra ligningen  $m - M = 5 \log_{10}(d) - 5$ , der  $d$  er avstanden målt i parsec.**

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



Melkeveien er en spiralgalakse, mest sannsynlig en stavspiral av type b (SBb).

14. Sherlock Holmes kaster James Moriarty mot et sort hull. Hva erfarer Moriarty på ferden? Hva ser Sherlock?

**Moriarty er i fritt fall og kan, dersom det sorte hullet er stort nok, krysse hendelseshorizonten uten å merke noe spesielt. Han vil imidlertid kunne fastslå at han har krysset den ved å forsøke å sende lyssignaler tilbake mot Sherlock: Innenfor horisonten lar ikke dette seg gjøre. Der beveger alt, inkludert lys, seg mot singulariteten i sentrum. Før Moriarty når fram tid, vil han bli revet i filler av tidevannskreftene. For sorte hull som er rester av stjerner, er tidevannskreftene så sterke at Moriarty vil være død før han passerer hendeleshorizonten.**

**Sherlock vil se at Moriarty faller langsommere og langsommere etter hvert som sistnevnte nærmer seg**

**hendeshorisonnten. Dette skyldes at Moriartys klokke befinner seg i et sterkere tyngdefelt enn Sherlocks. Ved horisonnten stopper bevegelsen helt, så Sherlock ser aldri at Moriarty passerer inn i det sorte hullet. Det han ser er et fryst bilde av Moriarty ved horisonnten, og dette bildet blir gradvis svakere.**

15. Vi observerer at rotasjonshastigheten til stjerner og gass i spiralgalakser er tilnærmet konstant langt fra galaksesenteret. Hvorfor er dette et problem? Hva tror vi forklaringen på dette kan være?

**Dersom massene til spiralgalaksene var dominert av stjerner og gass, burde rotasjonshastighetene avta langt fra galaksesenteret, siden tyngdekraftene er svakere der. At rotasjonshastigheten er konstant, viser at tyngdefeltet er sterkere enn vi trodde. Den mest populære forklaringen på dette er at massene til galaksene er dominert av bidraget fra en usynlig komponent, den mørke materien.**

16. Forklar hva den kosmiske bakgrunnsstrålingen er og hvordan dens eksistens og egenskaper støtter Big Bang-modellen.

**Den kosmiske bakgrunnsstrålingen er elektromagnetisk stråling i radio- og mikrobølgeområdet som kommer til oss fra alle retninger på himmelen. Dens eksistens ble forutsagt av Big Bang-modellen. Tidlig i universets historie skal det i følge denne ha blitt dannet elektromagnetisk stråling som fylte hele universet. Etter at universet ble elektrisk nøytralt, omtrent 400 000 år etter Big Bang, har den beveget seg fritt, men temperaturen har sunket med universets utvidelse. Big Bang-modellen forutsier også at strålingen i dag skal oppføre seg som sort stråling med temperatur på noen få kelvin, og dette ble påvist observasjonelt av satellitten COBE i 1990. Samme satellitten fant i 1992 små variasjoner i temperaturen til strålingen i ulike retninger. Disse ble også forutsagt av Big Bang-modellen. Temperaturvariasjonene skyldes delvis ujevnheter i massefordelingen som var utgangspunktet for dannelsen av galakser. Senere, mer detaljerte målinger av temperaturvariasjonene fra satellittene WMAP og Planck har gjort det mulig å finne ut mye om universets struktur og historie, for eksempel rommets geometri.**