

FASIT

Svarene trenger ikke være like utdypende som her.

Side 1

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: AST1010 Astronomi – en kosmisk reise

Eksamensdag: Onsdag 13. mai 2015

Tid for eksamen: 09:00 – 12:00

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. Hvor mange buesekunder er det i et bueminutt, og hvor mange bueminutter er det i en grad?

60 buesekunder er ett bueminutt, 60 bueminutter er én grad.

2. Beskriv de to mest brukte koordinatsystemene i astronomien, der man i det ene bruker rektascensjon og deklinasjon, og i det andre asimut og høyde.

Det ene koordinatsystemet (det ekvatoriale) har polene rett over jordens poler og ekvator rett over jordens ekvator. Tilsvarende breddegrader på jorden har vi deklinasjon, nord og sør for ekvator (+90 grader for nordpolen og -90 grader for sydpolen). Det som tilsvarende lengdegrader på jorden er rektascensjon, som måles østover fra vårjevndøgnspunktet, det punktet der ekliptikken krysser ekvator ved vårjevndøgn. Dette koordinatsystemet er svært hensiktsmessig å bruke fordi en stjerne vil ha konstante koordinater (bortsett fra egenbevegelse etc.) som er uavhengige av hvor observatøren beveger seg.

Når man står et bestemt sted på jorda, kaller man punktet rett opp for senit. På et bestemt tidspunkt vil et himmellegeme ha en posisjon bestemt av høyde over horisonten i grader (høyde) og vinkel langs horisonten målt fra nord med klokken (asimut). Høyde og asimut vil på grunn av jordens rotasjon hele tiden

endre seg, og vil til samme tid være forskjellig for observatører på forskjellige steder.

3. Skriv ned Keplers tre lover for planetenes bevegelser.

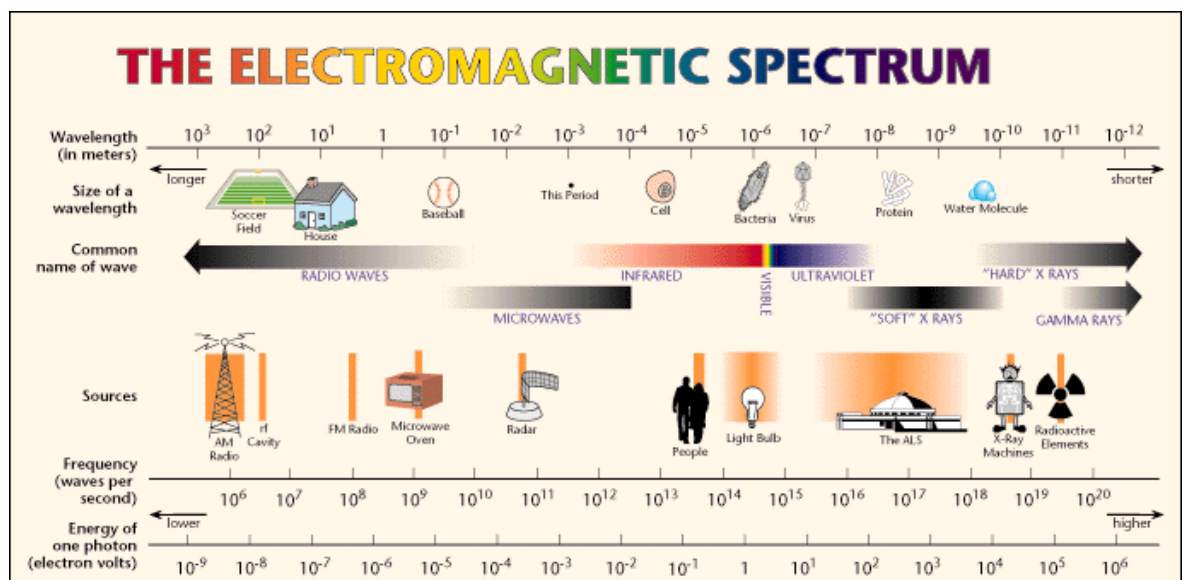
1. Planetenes baner er ellipser med sola i det ene brennpunktet.
2. En linje fra sola til en planet sveiper ut like store arealer i løpet av like lange tidsrom.
3. Kvadratet av omløpstiden til en planet er proporsjonal med banens store halvakse (planetens gjennomsnittsavstand fra sola) opphøyd i tredje. Dvs. hvis vi måler omløpstiden (P) i år og store halvakse (a) i astronomiske enheter er $a^3 = P^2$.

4. Hvilken endring i Keplers 3. lov ble forårsaket av Newtons bevegelseslover og gravitasjonslov? Hvorfor er denne korreksjonen svært liten for planetene i solsystemet?

Kepler fant sine tre lover fra Tycho Brahes observasjoner, men kunne ikke forklare hvorfor de var slik, det var empiriske lover. Newton viste at fra hans gravitasjonslov og tre bevegelseslover kunne man utlede Keplers tre lover, de to første eksakt, den tredje ikke helt eksakt. Newtons versjon er: $a^3/P^2 = (M_S + M_P)/M_S$, der M_S er solas masse og M_P er planetens masse (eller $a^3/P^2 = M_S + M_P$, hvis man bruker solmasser som masseenheter, eventuelt med generelle enheter $P^2 = 4\pi^2 a^3 / (G(M_S + M_P))$). Da planetenes masser er mye mindre enn solas masse, er uttrykket til høyre for likhetstegnet svært lik 1, derfor er denne korreksjonen liten. Men vi kan bruke dette uttrykket også for f. eks. dobbeltstjerner som har omtrent samme masse, og da er korreksjonen viktig.

5. Beskriv det elektromagnetiske spektrum fra radiobølger til gammastråling. I hvilke deler av det kan vi observere himmellegemer fra jordoverflaten?

Fra de lengste bølgelengder (laveste frekvenser) mot kortere bølgelengder (høye frekvenser) har vi radiobølger, mikrobølger, infrarødt lys, synlig lys, ultrafiolett lys, røntgenstråling og gammastråling. Bare radiobølger og synlig lys, samt mikrobølger og infrarødt lys av enkelte bølgelengder når jordoverflaten.



6. Skriv ned Kirchhoffs tre lover. Hvilken sammenheng har disse med energinivåene i atomer som kvanteteorien gir oss (Bohrs atommodell for hydrogenatomet)?

Første lov: En varm tett gass (eller væske eller fast stoff) sender ut stråling i et kontinuerlig spektrum.

Annen lov: En tynn varm gass sender bare ut stråling i spektrallinjer på spesielle bølgelengder (emisjonsspektrum).

Tredje lov: Hvis vi ser en kontinuumskilde (varm tett gass eller fast stoff) gjennom en tynn kjøligere gass, ser vi det kontinuerlige spekteret med mørke spektrallinjer (absorpsjonslinjer). Disse er på samme bølgelengder som emisjonslinjene i annen lov.

I følge kvanteteorien kan atomer bare være i diskrete energinivåer (elektronbaner i Bohrs atommodell), og kan kun sende ut eller motta stråling som har energi lik differansen mellom to energinivåer. En tynn varm gass vil sende ut stråling på bølgelengder som tilsvarer disse differensene, mens en tynn kjøligere gass foran en varm kontinuumskilde vil absorbere stråling med bølgelengde som tilsvarer de samme energidifferensene (de vil igjen stråle ut på de samme bølgelengdene, men i alle retninger, slik at det blir mindre i retning mot observatøren). I en tett gass vil atomene kolliderer, elektroner rives løs og fanges inn med vilkårlige energier, og energinivåene blir utbredd og går over i hverandre.

7. Sammenlign kort atmosfærene til Venus, jorda og Mars.

Atmosfæren til Venus består for det meste av CO₂ (96,5%) og resten er for det meste nitrogen. Lufttrykket ved overflaten er ca. 90 ganger lufttrykket ved jordoverflaten og temperaturen ved overflaten er på ca. 460 °C (730 K) og er temmelig lik over hele overflaten. Skyene består bl.a. av svovelsyre.

Jordatmosfæren består først og fremst av nitrogen (78%) og oksygen (21%) og små mengder andre stoffer (mest argon (0,9%) og CO₂ (0,04%) samt variable mengde vanddamp). Trykket er det vi kjenner og temperaturen ved havoverflaten midlet over hele jorda ca. +14.0 °C, men med vesentlige forskjeller fra pol til ekvator og mellom årstidene.

Marsatmosfæren består for det meste av CO₂ (96%), resten er for det meste argon (2%) og nitrogen (1,9%). Atmosfæren er svært tynn, trykket på overflaten under 1% av lufttrykket på jorda. Årlig middeltemperatur på overflaten er ca. -60 °C, men kan komme opp i +35°C ved ekvator midt på dagen og ned i ca. -150°C ved polene.

8. Hva er den offisielle definisjonen på en planet? Hva er forskjellen på en planet og en dvergplanet? Kan du nevne (minst) en dvergplanet?

En planet er et legeme som 1) er i bane rundt solen, 2) har så stor masse at tyngdekraften har gjort det tilnærmet kuleformet (i hydrostatisk likevekt), og 3) har stor nok tyngdekraft til å «dominere» området omkring sin bane om solen slik at den er «renset» for mindre objekter.

En dvergplanet tilfredsstillende de to første av disse kriteriene, men ikke det siste.

Dvergplanetene godkjent av IAU: Ceres, Pluto, Haumea, Makemake og Eris.

9. Beskriv den viktigste prosessen som produserer energi i solas kjerne.

Energiproduksjonen i solas kjerne kommer for det aller meste ved fusjon av hydrogenkjerne til heliumkjerne. Den viktigste prosessen for dette er PP-kjeden, proton-proton kjeden.

- 1) To hydrogenkjerne (protoner) fusjonerer og danner en deuteriumkjerne (ett proton og ett nøytron), ett positron (antielektron som vil annihilere med et elektron) og ett nøytrino.
- 2) En deuteriumkjerne fusjonerer med en hydrogenkjerne (proton) og danner en ^3He -kjerne (dvs. en kjerne bestående av to protoner og ett nøytron) og ett gamma-foton. Prosess 1) og 2) skjer to ganger parallelt, slik at man nå har omvandlet 6 protoner til to ^3He -kjerne, samt to positroner, to nøytrinoer og to gamma-fotoner.
- 3) To ^3He -kjerne fusjonerer og danner en ^4He -kjerne (vanlig helium) og to protoner.

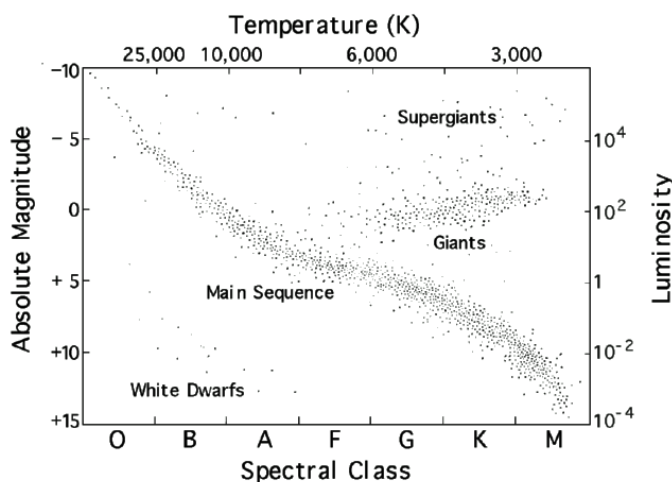
Totalt vil altså 6 protoner danne en ^4He -kjerne og to protoner, samt to positroner, to nøytrinoer og to gamma-fotoner, eller netto vil 4 protoner (hydrogenkjerne) fusjonere til en ^4He -kjerne og frigjøre energi.

10. Hva er en stjernes parallakse, og hva er forholdet mellom parallaksen og avstandsenheten parsec?

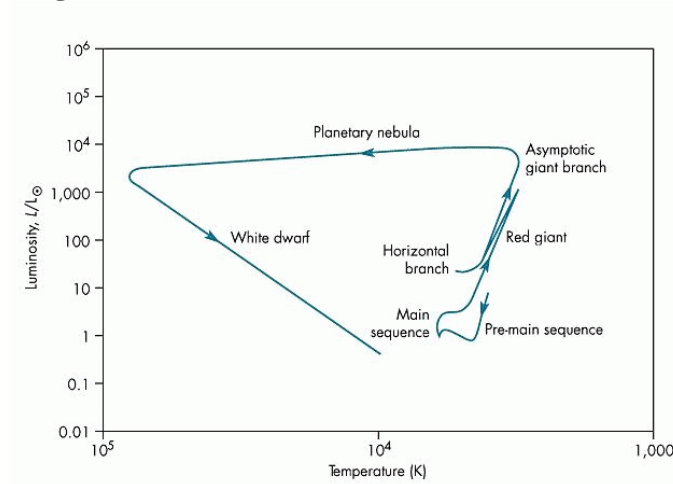
En stjernes parallakse er den vinkel som én astronomisk enhet (middelavstanden mellom Solen og Jorden) sees under fra stjernen. Den er halve den maksimale vinkelen stjernen flytter seg på himmelen i forhold til svært fjerne stjerner i løpet av et halvt år. En parsec (pc) er avstanden til en stjerne som har parallakse på ett buesekund. Måler vi parallakse (p) i buesekunder, er avstanden målt i parsec $d=1/p$.

11. Tegn et Hertzsprung-Russel diagram og beskriv solas utvikling i dette fra dannelsen til den ender som en hvit dverg.

Et HR-diagram:



Under vises skjematisk solas liv i HR-diagrammet. Som protostjerne vil den komme meget raskt inn fra høyre og ende på hovedserien (venstre side). Den vil så oppholde seg det meste av sitt liv på hovedserien mens den fusjonerer hydrogen til helium i kjernen, før den blir en rød kjempe og beveger seg opp den røde kjempegrenen og fortsetter fusjonen i et skall rundt kjernen. Den gjennomgår så heliumflash og oppholder seg en tid på horisontalgrenen, før den igjen beveger seg opp den asymptotiske kjempegrenen. Til slutt blir den ustabil og de ytre lag kastes av som en planetarisk tåke mens solens indre ender som en hvit dverg nederst til venstre i HR-diagrammet.



12. Hvordan dannes en kjernekkollaps supernova (supernova type II, Ib eller Ic)?

En stjerne med stor masse (over 8 solmasser) vil produsere tyngre og tyngre stoffer i kjernen, og vil ha skall som brenner lettere stoffer, inntil jern produseres i kjernen. Da vil det ikke kunne dannes energi ved fusjon, og når kjernen når Chandrasekhar-grensemassen imploderer den. Den vil så igjen eksplodere, bl.a. på grunn av nøytrinotrykket.

13. Hva menes med den *beboelige sonen* omkring en stjerne?

Med den beboelige sonen omkring en stjerne mener vi den sonen der en planet (med passelig atmosfære) vil kunne ha en temperatur som gjør det mulig å ha flytende vann på overflaten.

14. Beskriv kort strukturen til vår egen galakse, Melkeveien.

Vår galakse består først og fremst av: 1) en skive, med særlig populasjon I stjerner, samt gass og støv i tilnærmede sirkelbaner, i skiven er spiralarmene først og fremst synlige ved varme unge O- og B-stjerner, samt H II-områder; 2) et sentralområde med mer tilfeldige stjernebaner, stjernene der er i større grad populasjon II-stjerner, 3) en kjerne med et stort sort hull, 4) en halo omkring med kulehoper og populasjon II-stjerner. Dessuten er det meste av massen i en ukjent form «mørk materie» som er mye mindre sentralt konsentrert enn stjernene.

15. Skriv ned Hubbles lov og forklar hva den betyr. Hva er sammenhengen mellom Hubblekonstanten og universets alder?

Hubbles lov: $v = H_0 d$, der v er hastigheten en galakse har bort fra oss, d er avstanden og H_0 er Hubbleparameteren. Hvis hastigheten er konstant, er universets alder $1/H_0$. I virkeligheten er ikke hastigheten konstant, men universets alder (tiden etter Big Bang) er ganske nær $1/H_0$.

16. Hvordan er energifordelingen (spekteret) til den kosmiske bakgrunnsstrålingen (CMB)?

Energifordelingen i bakgrunnsstrålingen er termisk (sort legeme) stråling tilsvarende en temperatur på 2,7 K.

