

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i: AST1010 Astronomi – en kosmisk reise

Eksamensdag: Fredag 7. april 2017

Tid for eksamen: 09:00 – 12:00

Oppgavesettet er på 5 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 (flertallet av delspørsmålene kan besvares med 1-3 setninger). På enkelte oppgaver kan en god figur spare deg for en del skriving, men pass på at det kommer tydelig fram hva figuren skal vise.

Hver av de 15 oppgavene teller likt ved bedømmelsen, men det legges vekt på at besvarelsen demonstrerer en viss kunnskapsbredde. Du bør derfor svare på så mange av spørsmålene som mulig (bruk gjerne avkrysningsboksene for å krysse av det du har svart ferdig på).

OBS: Det er mange delspørsmål og en del tekst i oppgavesettet, men mange av svarene skal være korte – du skal normalt ikke ha dårligere tid enn på tidligere eksamener. Fatt mot. ☺

Oppgave 1

Forklar kort hvorfor bruker vi to ulike koordinatsystemer til å beskrive stjerners og planeters posisjon sett fra jorden, og ikke bare ett.

Det lokale koordinatsystemet er nyttig for å finne objekter på stjernehimmelen der du befinner deg (varierer fra sted til sted).

Det globale koordinatsystemet er et felles referansesystem for astronomer som ikke befinner seg på samme sted.

Oppgave 2

En planet går i bane rundt stjernen sin med store halvakse lik 4 AU.

Finn omløpstiden til denne planeten med Keplers 3. lov.

Du kan anta at stjernen har nøyaktig samme masse som solen

(og mye større masse enn planeten).

(Det viktigste i denne oppgaven er hvordan du tenker for å finne svaret. Riktig svar uten noen forklaring/utregning gir svært lite uttelling.

PS: Husk riktig måleenhet på svaret.)

Keplers 3. lov:

$$P^2 = k \cdot a^3$$

$$P \cdot P = k \cdot a \cdot a \cdot a$$

Stjernen her har samme masse som Solen. Siden verdien av konstanten k er bestemt av stjernens masse (når stjernen er mye større enn planeten, i alle fall), må vi her ha samme verdi av k som i vårt eget solsystem: $k = 1$. Setter også inn store halvakse:

$$P \cdot P = 1 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4$$

$$P \cdot P = 4 \cdot 16$$

$$P \cdot P = 64$$

Prøver meg fram med ulike verdier og ser at $P = 8$ løser oppgaven:

$$8 \cdot 8 = 64$$

Ser dermed at svaret må være $P = 8$ år.

Oppgave 3

Hva (om noe) er galt med disse tre påstandene?

- Fra verdensrommet ser solen gul ut fordi den har en overflatetemperatur på 5000 K, og dermed er det gulfargen som dominerer i strålingen fra solen.

Solens overflatetemperatur er ikke 5000 K (den er 5 770 K).

Den dominerende fargen er ikke gul (men grønn).

Solen ser ikke gul ut fra rommet (men hvit – hele det synlige spekteret er med).

- Siden kortere bølgelengder spres mer i atmosfæren enn lengre, spres blått lys mer i atmosfæren enn alle de andre fargene i det synlige spekteret og bidrar til at himmelen ser blåfarget ut for oss mennesker.

Blått lys spres ikke mest av de synlige fargene (det er fiolett, men solen stråler ut såpass mye mer blått enn fiolett at dette får liten betydning). Resten er riktig.

- Om kvelden går solens temperatur ned til ca. 3000 K, slik at lyset fra solen blir rødere og himmelen ser mer gulfarget ut.

Solen ser ikke rødere ut om kvelden fordi solens temperatur går ned (dette skyldes isteden at lyset går gjennom mer atmosfære når det er kveld).

Du trenger ikke rette opp det som er feil, kun påpeke hva som ikke er riktig. Skriv relativt korte svar – vi er ute etter det viktigste.

Oppgave 4

I et fjernt solsystem finner vi planetene Lerkur og Lars. Om disse planetene får du oppgitt følgende opplysninger:

Planet	Masse (i jordmasser)	Radius (i jord-radier)
Lerkur	0.5	1
Lars	2	2

- Regn ut tyngdeakselerasjonen på overflaten med Newtons gravitasjonslov for begge planetene. Oppgi svarene i jord-gravitasjoner (g) og vis tydelig hvordan du regner eller tenker for å komme fram til svaret.

Newton's gravitasjonslov:

$$g = \frac{G \cdot M}{r^2}$$

Setter $G = 1$ (OK når vi regner i jordmasser, jord-radier og jord-gravitasjoner):

$$g = \frac{1 \cdot M}{r \cdot r}$$

Setter inn tallene (i jordmasser og jord-radier) for planeten Lerkur:

$$g = \frac{1 \cdot 2}{2 \cdot 2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$$

Gjør det samme for planeten Lars:

$$g = \frac{1 \cdot 0.5}{1 \cdot 1} = \frac{0.5}{1} = \frac{1}{2}$$

På begge planetene er tyngdeakselerasjonen 0,5 g (50 % av jordens).

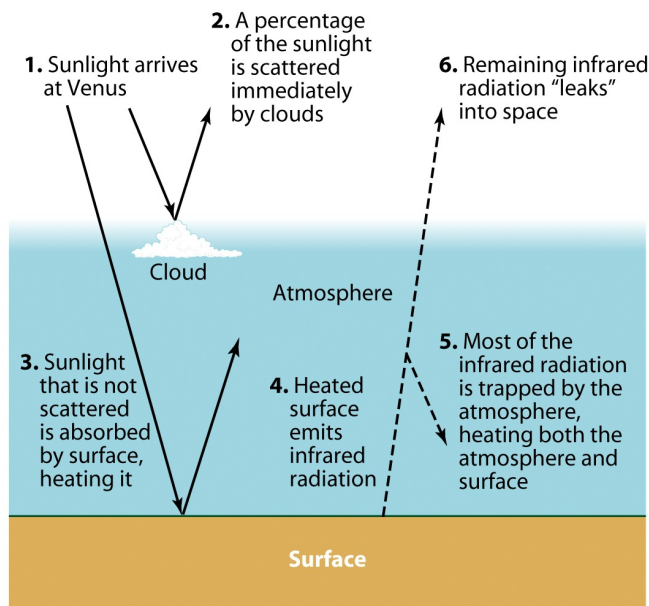
- Kommenter resultatene: Er gravitasjonen på overflaten kun avhengig av hvor stor masse en planet har?

Åpenbart ikke – radien til planeten har også mye å si.

Oppgave 5

- Forklar kort hvordan drivhuseffekten virker (tegn gjerne figur).

Punkt 3 – 5 i figuren under er tilstrekkelig, så lenge man også nevner at atmosfæren er mer gjennomsiktig for synlig lys enn for infrarød stråling:



- Sammenlign kort atmosfærene til Jorden og Venus (innhold, trykk, overflatetemperatur).

	Jorden	Venus
Innhold	78% nitrogen 21% oksygen (+ litt argon og CO ₂)	96 % CO₂ (+ litt nitrogen) Skyer av svovelsyre
Trykk	1 atm	90 atm
Overflatetemperatur (gjennomsnitt)	+14 °C	+460 °C

Oppgave 6

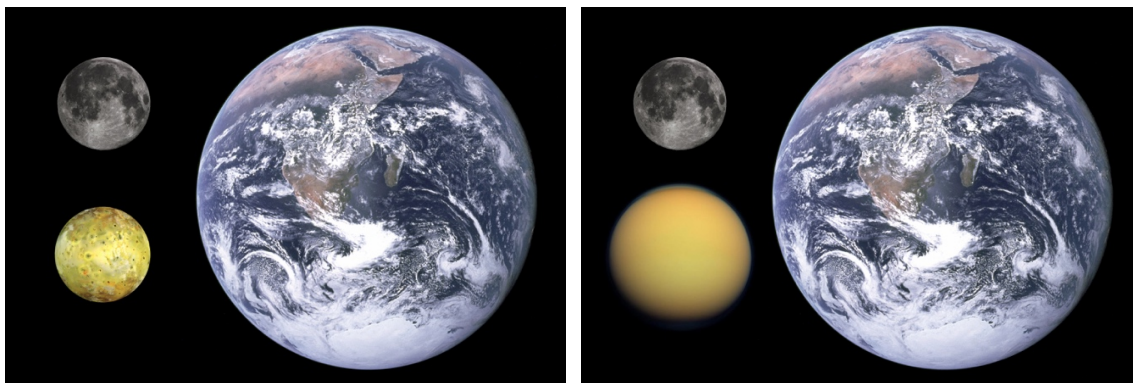
- Hva er de to viktigste faktorene som avgjør om en planet klarer å holde på en atmosfære eller ikke?

Unnslipningshastigheten/tyngdeakselerasjonen til planeten (bestemt av dens masse og radius) og gjennomsnittshastigheten til gasspartiklene (bestemt av temperaturen og molekylmassen).

Tyngdekraft og temperatur godtas som fullgodt svar.

- Hvorfor klarer noen planeter å holde på enkelte gasser, men ikke alle?

Ved samme temperatur har de lettere gasspartiklene høyere hastighet enn de tyngre (temperatur er et mål på gjennomsnittlig bevegelsesenergi), derfor er tunge gasser lettere å holde på for planetene.

Oppgave 7

I figuren ovenfor til venstre ser du Jorden og Månen (øverst) sammenlignet med månen Io (nederst). Månen og Io har nesten samme radius og masse.

- Rundt hvilken planet befinner Io seg?

Jupiter.

- Hvorfor er det mange aktive vulkaner på Io, når Månen ikke har noen?

Io er utsatt for mye større tidevannskrefter fra planeten sin enn Månen er.
(*Io går i bane ganske nær planeten, og Jupiter er svært massiv.*)

- Hva ville skjedd om Io gikk i bane mye nærmere planeten sin?

Tidevannskreftene ville revet månen i stykker (*dette kalles Roche-grensen*).

I figuren ovenfor til høyre ser du Jorden og Månen sammenlignet med en annen måne, Titan.

- Rundt hvilken planet befinner Titan seg?

Saturn.

- Forklar kort hvorfor det er lettere å fly på Titan enn det er på Jorden.

Lav gravitasjon og tykk atmosfære gir ideelle flyforhold. (*Det er sannsynlig at et menneske vil kunne fly med en hanglider og et par svømmeføtter.*)

- Om Titan i stedet gikk i bane rundt Jorden, hvordan ville Titan sett annerledes ut på bildet?

Temperaturen ville vært høyere, og Titan ville ikke hatt atmosfære (se oppgave 6).

Oppgave 8

- Forklar kort hvordan dopplereffekten fungerer (bruk lys som eksempel).

Lys er elektromagnetiske bølger. Når noe er på vei mot oss, kommer bølgetoppene tettere sammen, og lyset får kortere bølgelengde (blåforskyvning). Når noe er på vei bort fra oss, øker avstanden mellom bølgetoppene, og lyset får lengre bølgelengde (rødforskyvning).

- Hvordan kan vi bruke dopplereffekten til å finne eksoplaneter?

En planet og stjernen dens går i bane rundt et felles massesenter. Dermed vil stjernen få en periodisk endring i hastigheten i forhold til oss. Disse endringene i hastighet kan vi måle med å se på blå-/rødforskyvningen til lyset fra stjernen.
(Dette fungerer imidlertid ikke hvis baneplanet ligger på tvers av synslinjen vår – det mest ideelle er hvis synslinjen ligger i baneplanet.)

Oppgave 9

- Hva kalles den viktigste prosessen som produserer energi i solas kjerne?

Proton-proton-kjeden (PP-kjeden).

- Beskriv prosessen og spesifiser hvilke partikler som går inn i den og hvilke partikler som er resultatet.

Netto: $4 \text{ H} \rightarrow 1 \text{ He} + 2 \text{ positroner} + 2 \text{ nøytrinoer} + \text{energi}$

En fullstendig beskrivelse av prosessen: Se s. 151 i læreboken (eller figur i forelesningsnotatene).

(Når positronet som produseres møter et elektron, annihilerer disse hverandre som materie og antimaterie alltid gjør. Massen deres gjøres om til ekstra energi etter samme formel.)

- Hvor kommer energien som prosessen produserer fra?

Sluttproduktene veier mindre enn de 4 hydrogenkjernene vi startet med. Masseforskjellen er omdannet til energi med sammenhengen $E = mc^2$.

Oppgave 10

- Hva er parallakse? (Tegn og forklar.)

Parallakse er en nær stjernes tilsynelatende forflytning i forhold til fjerne stjerner på grunn av jordens bevegelse rundt solen. Parallakse måles som en vinkel, se figur 13.1 på side 169 i læreboken.

- Hvor stor parallakse har en stjerne som er 1 parsec (pc) unna jorden?

Når parallaksevinkelen til et objekt er ett buesekund (1/3600 av en grad), er objektet (pr. def.) 1 parsec unna oss.

- Hvor langt unna jorden er en stjerne med parallakse på 2 buesekunder?
 Vis tydelig utregning på det siste spørsmålet.

Parallakseformelen:

$$d = \frac{1}{p}$$

Setter inn $p = 2$ buesekunder:

$$d = \frac{1}{2}$$

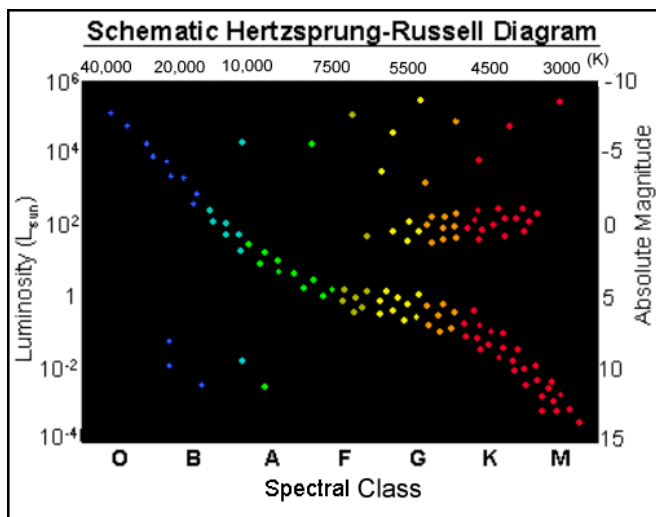
Når parallaksevinkelen er oppgitt i buesekunder, er avstanden i parsec. En stjerne med parallaksevinkel 2 buesekunder er 0,5 pc unna jorden.

(Den nærmeste stjernen utenfor solsystemet, Proxima Centauri, har i realiteten en parallaksevinkel på under 1 buesekund, og befinner seg mer enn 1 pc unna oss.)

Oppgave 11

I HR-diagrammet for en stjernehop i figuren under er det tegnet inn 4 stjerner A, B, C og D.

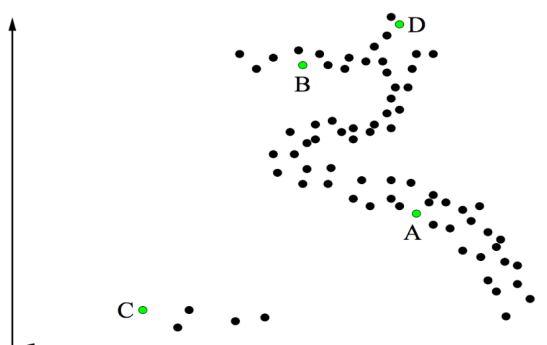
- Tegn de 4 aksene et HR-diagram skal ha, og oppgi fornuftige enheter for hver av dem.



- Forklar hva som er hovedenergikilden til hver av de 4 stjernene i figuren under.
Hvis det er fusjon:
- Forklar for hver stjerne hvilket eller hvilke grunnstoff som hovedsakelig fusjonerer (ikke sluttproduktet, men brennstoffet i prosessen).
 - Forklar for hver stjerne om dette skjer i kjernen eller i skall rundt kjernen.

Stjerne	Energikilde	Fusjon hva?	Fusjon hvor?
A (hovedserien)	Fusjon	Hydrogen	Kjernen
B (horisontalgren)	Fusjon	Helium (Hydrogen)*	Kjernen (Skall)*
C (hvit dverg)	Ingen (termisk energi)	-	
D (asymptotisk kjempe)	Fusjon	Hydrogen og helium	Skall rundt kjernen

(* OBS: Svarene i parentes er riktige, men framgår ikke tydelig av forelesingsnotatene, så det gis full uttelling selv om man kun har svart heliumfusjon i kjernen på B.)



Oppgave 12

Super-Langbein kaster Donald mot et sort hull.

- Beskriv kort hva Donald erfarer på sin ferd (til og med krysning av horisonten).

Når Donald nærmer seg det sorte hullet, begynner han å merke tidevannskrefter (disse kan rive ham i stykket om det sorte hullet har liten masse). Donald opplever at hans egen tid går normalt. Nær horisonten vil Donald kunne se sitt eget bakhode, men merker ikke noe spesielt ved krysning av horisonten.

- Hvordan ser den samme ferden ut for Super-Langbein, som ser det hele fra sin posisjon langt borte fra det sorte hullet?

For Super-Langbein ser det ut som om Donalds tid (klokke) går saktere jo lenger inn mot horisonten Donald kommer. Ved horisonten ser det ut som om tiden stopper for Donald. Etter hvert vil bildet av Donald bli mer og mer rødforskjøvet, inntil Donald ikke er synlig for det blotte øye lenger.

Oppgave 13

Hvorfor er det antageligvis en dårlig idé å lete etter bebodde planeter i bane rundt en stjerne med 3 ganger så stor masse som sola?

Disse planetene har betydelig kortere levetid enn sola, siden de brenner opp drivstoffet sitt mye raskere. For at liv skal kunne eksistere, må det finnes stabile betingelser over lang tid – en planet rundt en slik stjerne vil neppe rekke å utvikle intelligent liv før stjernen blir en rød kjempe og endrer temperaturen på planeten betydelig.

Oppgave 14

- Hvorfor mener vi det må finnes mørk materie i vår egen galakse, Melkeveien?

Den synlige massen kan ikke forklare hastigheten til stjerner langt ute fra sentrum. Rotasjonshastigheten skulle avtatt mot kanten av skiven. I stedet holder den seg tilnærmet konstant jo lenger ut i galaksen vi kommer. Dette må skyldes gravitasjonskrefter fra materie vi ikke kan se.

- Ca. hvor mye (i prosent) av Melkeveiens masse er mørk materie?

Over 90% av materien i Melkeveien må være mørk.

- Hvordan er den mørke materien romlig fordelt i Melkeveien i forhold til synlig materie? (Sammenlign og forklar hva som eventuelt er forskjellig.)

Den mørke materien er jevnere fordelt, mens den synlige er sterkt konsentrert i galaksens sentrum.

Den mørke materien ligger som en kuleformet halo rundt galaksen (ingen skive), og strekker seg lenger ut enn den synlige materien.

Oppgave 15

Forklar kort hva disse 3 begrepene betyr:

- Nukleosyntese

Nukleosyntese var en fusjonsprosess hvor hydrogenkjerner gikk sammen til helium ble dannet så lenge temperaturen var høy nok til dette. Etter dette besto universet hovedsakelig av ca. $\frac{1}{4}$ helium og resten hydrogen.

(Små mengder tungt hydrogen (deuterium) og litium ble også dannet. Men tyngre grunnstoffer enn helium er stort sett dannet i stjerner og supernovaeksplosjoner.)

- Gjennomsiktig univers

Universet ble gjennomsiktig da det ble kaldt nok til at elektroner og atomkjerner gikk sammen til atomer. Før dette hadde strålingen kollidert med frie elektroner. Etter dette opphørte disse kollisjonene, slik at universet ble gjennomsiktig for stråling. (Dette kalles også rekombinasjon.)

- Inflasjon

Inflasjon var en svært voldsom utvidelse av det tidlige universet, hvor det utvidet seg enormt raskt. Inflasjonen varte bare en brøkdeler av et sekund.

- Kopier denne tidslinjen for det tidlige universet over på besvarelsesarket ditt og plassér hvert av de tre begrepene på riktig tidspunkt etter Big Bang:

