

**Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet****Institutt for fysikk, Lade***(MNFFY-351)***EKSAMEN I: MNFFYX1/H99 – KOSMOLOGI OG EXOBIOLOGI**

DATO: MANDAG 10. JANUAR 2000

TID: 09.00 - 15.00

Antall vekttall: 4

Tillatte hjelpemidler:

Matematiske tabeller,

Antall sider: 5

kalkulator

Sensur-dato: 1. februar 2000

**Oppgave 1**

- a) Vis at unnslippingshastigheten på Mars bare er litt større enn unnslippingshastigheten på Merkur. Hvorfor har da Mars atmosfære, mens Merkur har ingen atmosfære?
- b) En stjerne i ekliptikkplanet plassert  $90^\circ$  vest for solas posisjon på himmelkula, observeres å ha en radialhastighet lik 48 km/sek mot jorda. Et halvt år senere har stjernen en radialhastighet lik 12 km/sek bort fra jorda. Hva er stjernens radialhastighet i forhold til sola? Hva er jordas banehastighet? Hvordan kan dette brukes til å finne avstanden 1 AU, og hva blir da 1 AU?
- c) Hvilken overflatetemperatur har 5 stjerner, der bølgelengden for maksimal utstråling er observert til å være lik  $0.5 \cdot 10^{-5}$  cm,  $2.9 \cdot 10^{-5}$  cm,  $6 \cdot 10^{-5}$  cm,  $12 \cdot 10^{-5}$  cm, og  $15 \cdot 10^{-5}$  cm? Hvilke spektral-klasser (etter Harvard-systemet) vil disse stjernene sannsynligvis tilhøre?
- d) Anta at en mann veier 70 kg på jordoverflaten. Hvor mye ville han veie på overflaten til en hvit dverg med masse lik 1 sol-masse og radius lik jordas radius? Hvor mye ville han veie på overflaten til en nøytronstjerne med masse lik 1 sol-masse og radius lik 10 km?

Oppgitt:

Gravitasjonskonstanten :  $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ sek}^{-2}$ ,

Mars' masse:  $M_M = 0.107 M_J$ ,

Mars' radius:  $R_M = 3400 \text{ km}$ ,

Merkurs masse:  $M_m = 0.055 M_J$ ,

Merkurs radius :  $R_m = 2440 \text{ km}$ ,

Jordas masse:  $M_J = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ,

Jordas radius :  $R_J = 6380 \text{ km}$ ,

Wiens forskyvningslov:  $T\lambda_{\max} = 0.2897 \text{ cm} \cdot \text{K}$ ,

Solas masse:  $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ .

## Oppgave 2

- Hvordan kan lysutstrålingen fra Mira (en rød kjempe) tilsynelatende variere med 6 størrelsesklasser, dvs. med en faktor på ca. 250, når overflatetemperaturen (fotosfæretemperaturen) varierer bare mellom ca. 1900 K og ca. 2600 K? Bryter ikke dette med Stefan-Boltzmanns lov?
- Hvilken masse, dvs hvor mange sol-masser  $M_{\odot}$  ville vår galakse Melkeveien inneholde hvis sola befant seg  $10^4$  parsec fra sentrum og roterte (ifølge Keplers lover) med en omløpsperiode lik 100 millioner år omkring Melkeveiens sentrum?
- Hvordan forklarer du at vi finner både stjerner med svært liten og svært stor lysstyrke (luminositet) til høyre for hovedserien og andre stjerner med mer "vanlig" luminositet i (på) hovedserien i et Hertzsprung-Russell-diagram for unge stjernehop? Kan du antyde (skjematisk) et Hertzsprung-Russell-diagram for en slik stjernehop?
- En kvasar (OH471) observeres med en rødforskyvning lik

$$z = \Delta\lambda / \lambda = 3.53.$$

Hvilken radial-hastighet tilsvarer denne rødforkyvnigen, hvis vi antar at den skyldes en Doppler-effekt?

Oppgitt:

Stefan – Boltzmanns lov:  $E = \sigma T^4$ ,

1 parsec = 3.26 lysår = 206265 AU,

Lyshastigheten:  $c = 3 \cdot 10^8$  m/sek,

Doppler – effekten:  $\omega = \gamma \omega' (1 + \beta \cos \theta')$ ,  $\omega' = \gamma \omega (1 - \beta \cos \theta)$ ,  $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$ ,  $\beta = v/c$ .

### Oppgave 3

- a) Vis at Einsteins felt-ligninger (Friedmanns ligninger)

$$\dot{R}^2 / R^2 + kc^2 / R^2 - \Lambda c^2 / 3 = 8\pi G \rho / 3,$$

og

$$2\ddot{R} / R + \dot{R}^2 / R^2 + kc^2 / R^2 - \Lambda c^2 = -8\pi G P / c^2,$$

gir ligningen

$$d(\rho c^2 R^3) / dt + P d(R^3) / dt = 0,$$

for masse-energi-bevarelse, der R er skala-parameteren, k er universets tredimensjonale krumningsfaktor,  $\rho$  er tetthet, P er trykk, G er gravitasjonskonstanten, c er lyshastigheten, og  $\Lambda$  er den kosmologiske konstant.

- b) Vis at dynamikken i et (ikke-relativistisk) univers kan uttrykkes ved en direkte sammenheng mellom Hubbles konstant H, tettheten  $\rho$  og den kosmologiske retardasjonsparameteren q (når vi antar konstant tetthet, og den kosmologiske konstanten settes lik  $\Lambda = 0$ ). For hvilke verdier av q får vi et ”lukket”, et ”flatt”, eller et ”åpent” univers? Hva er tilsvarende verdier for universets krumning k? Hva blir den kritiske tettheten  $\rho_c$  for et ”flatt” univers, uttrykt ved Hubbles konstant?
- c) Finn universets alder uttrykt ved Hubbles konstant H for et ”flatt” univers, dvs. for krumningen

$$k = 0$$

(og kosmologisk konstant  $\Lambda = 0$ ). Hva blir alderen for vilkårlig krumning  $k$ , når tettheten

$$\rho \rightarrow 0?$$

- d) Hvorfor gir Hubble-tiden

$$T_0 = H^{-1},$$

der  $H$  er Hubbles konstant, en øvre grense for universets alder i en "big-bang"-kosmologi, dvs. hvorfor er  $T_0$  den maksimale tiden siden "big bang"?

#### Oppgave 4

- Hvordan er begrepet liv definert i dette kurset? Nevn to viktige typer "liv" som faller utenfor denne definisjonen.
- Når det gjelder livets opprinnelse, hva menes med "pizza-modellen" og "den organiske suppa"? Hva er hoved-fordelene med den første modellen?
- Har evolusjonen retning? Nevn de 3 hovedmekanismene for kompleksitetsdannelse.
- Definér "Den Kosmiske Lauparen" generelt, og den jordiske løsningen spesielt.

#### Oppgave 5

- a) Definér og kommentér (diskuter) kort faktorene i Drakes ligning

$$N = R_s f_s n_p f_e f_l f_i L.$$

- Hvor i vårt eget solsystem er det mest sannsynlig å finne (spor av) liv? Begrunn svaret kort.
  - Definér terra-forming, og forklar kort hvordan oppvarmingsprosessen av Mars er tenkt "sparket i gang".
  - Interstellar kommunikasjon vil avhenge av at man kan forstå hverandre. Beskriv kort det antikryptografiske grunnlaget for utviklingen av lingua cosmica, også kalt lincos.
-