

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for fysikk

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Erlend Østgaard

Tlf: 91868

## EKSAMEN I FAG SIF4030 – ASTROFYSIKK (MNFFY-250)

Fakultet for fysikk, matematikk og informatikk

Mandag 8.mai 2000

Tid: 09.00 – 15.00

Antall sider: 4

Tillatte hjelpemidler: Matematiske tabeller, kalkulator

### Oppgave 1

- Da Eratosthenes fra Kyrene skulle beregne jordas omkrets, antok han at jorda var kuleformet og at stedene Syene (Aswan) og Alexandria lå på samme meridian. Midt på sommeren fant han at samtidig som en vertikal stolpe i Syene ikke kastet skygge i det hele tatt, kastet en vertikal stolpe i Alexandria en skygge med en viss lengde. Eratosthenes brukte dette, sammen med den målte avstanden mellom de to byene, til å bestemme jordas omkrets. Hvorfor ville ikke Eratosthenes' metode virke hvis jorda var flat?
- Hvor på jorda kan man se det lokale horisontplanet sammenfallende med ekliptikkplanet?
- Månen har ca. 30.000 kratere med diameter lik mer enn 1 km, mens jorda har bare 3 kratere av tilsvarende størrelse og opprinnelse. Hvis jordas radius er 4 ganger større enn månens radius, og kratere har blitt dannet med samme hastighet og intensitet pr. flateenhet på jorda og månen i løpet av  $5 \cdot 10^9$  år, hvor gamle kan da de 3 kratere på jorda være når vi antar at månens kratere aldri blir ødelagt, mens jordas kratere ødelegges av erosjon (med konstant hastighet)?
- Et fjell på månen observeres (på solsiden) 100 km fra grenselinjen (skyggegrensen) mellom "dag" og "natt". Hvor høyt er fjellet når det samtidig kaster en skygge på 40 km langs måneoverflaten?
- Hva er eksentrisiteten til en planetbane der avstanden til sola varierer mellom 206 millioner km og 248 millioner km? Hvilken planet kan det være? Hvorfor?
- En kometbane "berører" akkurat solas "overflate" (fotosfæren) i perihel. Hva er kometens periode hvis aphel ligger 200 AU fra sola? Hva er perioden hvis aphel ligger 200000 AU fra sola?

- g) Hvordan måtte et romfartøy sendes opp fra jordoverflaten for at det skulle falle mest mulig rett inn mot sola?

Oppgitt: Jordas radius:  $R_j = 6375 \text{ km}$ ,

Månens radius:  $R_m = 1738 \text{ km}$ ,

Solas radius:  $R_\odot = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$ ,

$1 \text{ AU} = 1.496 \cdot 10^8 \text{ km}$ .

## Oppgave 2

- a) De fleste hydrogen-atomene i sola er i sin laveste energi-tilstand (grunn-tilstanden). Hvilke spektrallinjer (hvilken serie absorpsjonslinjer) for hydrogen skulle da være sterke i sol-spekteret?
- b) En protuberanse stiger ut fra solas fotosfære med en hastighet lik  $150 \text{ km/sek}$ . Hvor langt vil den stige i løpet av 3 timer hvis hastigheten er konstant? Kan materien i protuberansen unnsnippe solas gravitasjonsfelt?
- c) Vis at hydrostatisk likevekt for et kuleskall med infinitesimal tykkelse dr i et kulesymmetrisk objekt med masse og gravitasjonsfelt, gir oss tilstandsligningen

$$dP = -[G\rho(r) m(r)/r^2] dr,$$

der  $P$  er trykket,  $G$  er gravitasjonskonstanten,  $r$  er avstanden fra sentrum,  $\rho(r)$  er tettheten i avstanden  $r$ , og  $m(r)$  er massen innenfor  $r$ . Hva blir trykket i solas sentrum hvis vi antar en konstant tetthet  $\rho$  lik middel-tettheten  $1.4 \text{ g/cm}^3$ , og null trykk ved "overflaten" (fotosfæren)?

- d) Hva er tyngdeakselerasjonen ved solas "overflate" (fotosfæren) sammenlignet med tyngdeakselerasjonen ved jordas overflate? Hva er tyngdeakselerasjonen ved overflaten til en stjerne med radius lik  $0.01 R_\odot$ , og tyngdeakselerasjonen ved overflaten til en stjerne med radius lik  $1000 R_\odot$ , sammenlignet med tyngdeakselerasjonen ved jordas overflate, når begge stjerner har en masse lik solas masse? Hva blir forholdet mellom de to tyngdeakselerasjonene?
- e) Hva er absolutt størrelsesklasse  $M$  for en stjerne med apparent størrelsesklasse  $m=0$  i en avstand  $d=100$  parsec? Hva er absolutt størrelsesklasse for en stjerne med apparent størrelsesklasse  $m=17.5$  i en avstand  $d=20$  parsec?
- f) Anta at sola har en absolutt størrelsesklasse lik  $5.0$ , en fotosfæretemperatur lik  $6000 \text{ K}$ , og maksimal utstrålingsintensitet ved en bølgelengde lik  $5000 \text{ \AA}$ . En annen stjerne har en apparent størrelsesklasse lik  $15.0$ , maksimal utstråling ved en bølgelengde lik  $10000 \text{ \AA}$ ,

og en trigonometrisk parallaks lik 0.01 buesekunder. Hva er stjernens absolutte størrelsesklasse? Hva er stjernens radius uttrykt ved solas radius  $R_{\odot}$  ?

- g) Et spektrum fra en stjernetake rundt en hovedserie-stjerne med spektralklasse O inneholder ingen emisjonslinjer, bare et kontinuerlig spektrum fra stjernen. Hva slags interstellar materie (stjernetake), finner vi rundt stjernen?

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

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

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

### Oppgave 3

- a) En stjerne i ekliptikkplanet plassert  $90^\circ$  vest for solas posisjon på himmelkula observeres å ha en radialhastighet lik ~~48~~ 12 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 en verdi for 1 AU, og hva blir da 1 AU?
- b) En dobbeltstjerne består av en stjerne med masse lik  $3 M_{\odot}$  og en stjerne med masse lik  $1 M_{\odot}$  i en relativ avstand lik 4 AU. Hvor langt fra den mest massive stjernen ligger dobbeltstjernens tyngdepunkt? Hva er dobbeltstjernens periode?
- c) I en spektroskopisk dobbeltstjerne er maksimal radialhastighet for den ene stjernen i forhold til den andre lik 60 km/sek. Baneplanet danner en vinkel lik  $30^\circ$  med planet normalt synsretningen mot jorda, og omløpsperioden er lik 22 døgn. Hva er dobbeltstjernenens totale masse (angitt i sol-masser) hvis stjernene i systemet går i sirkelbaner?
- d) Hvilken masse, dvs. hvor mange sol-masser  $M_{\odot}$ , ville vår galakse Melkeveien inneholde hvis sola befant seg 10000 parsec fra sentrum og roterte (ifølge Keplers lover) med en omløpsperiode lik 100 millioner år omkring Melkeveiens sentrum?
- e) Vi finner 51 stjerner innenfor en avstand av 5 parsec fra sol-systemet. Hva blir da midlere masse-tetthet (i  $\text{g/cm}^3$ ) i Melkeveien i området rundt solsystemet, hvis vi antar at hver stjerne i middel har en masse lik  $0.4 M_{\odot}$  ?

- f) Hva er midlere stjerne-tetthet (i stjerner/parsec<sup>3</sup>) for en kulehop med  $10^5$  stjerner innenfor en diameter lik 50 parsec? Hva er midlere stjerne-tetthet for en åpen stjernehop med 100 stjerner innenfor en radius lik 20 parsec? Sammenlign stjerne-tetthetene med stjerne-tettheten i oppgave e), og finn hvilken er størst og minst.
- g) Vi betrakter en kule-formet del av universet og lar radien til kula være  $r(t)$ , der  $r(t)$  er mye mindre enn universets radius, men mye større enn midlere galakse-avstand. Kula har en gitt masse-tetthet, og den ekspanderer ifølge Hubbles lov som gitt ved en tidsavhengig  $r(t)$ . Hva blir betingelsen for at en galakse med masse  $m$  ved kulas overflate skal kunne nå  $r=\infty$ ? Finn et uttrykk for den kritiske tetthet som tillater galaksen å nå akkurat  $r = \infty$ , dvs. som gir grensetilfellet mellom åpent og lukket univers.

Oppgitt: 1 parsec = 3.26 lysår = 206265 AU.