

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for fysikk

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Nils Erland Leinebø Haugen

Tlf.: 73 55 10 93

## EKSAMEN I FAG MNFFY250 ASTROFYSIKK OG SIF4030 ASTROFYSIKK

Fakultet for naturvitenskap og teknologi

Onsdag 29. mai 2002

Tid: 0900 - 1500

Tillatte hjelpemidler:  
Matematiske tabeller  
Kalkulator

Hver deloppgave teller like mye.

### Oppgave 1

#### 1.1

Bruk den oppgitte verdiene for 1 AU samt lengden av et år til å vise at massen til sola er  $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30}$  kg.

#### 1.2

Vi ønsker å sende en satellitt til Mars med minst mulig energiforbruk. Hvordan vil banen til en slik satellitt se ut når vi antar at vi ikke lar rakettmotorene brenne etter at satellitten har forlatt jordatmosfæren?

#### 1.3

Hva vil hastigheten til satellitten i oppgaven over være i det den kommer til Mars? Her ser vi bort fra akselerasjon pga. gravitasjonskreftene fra Mars. Hvor lang tid ville turen fra jorda til Mars ta? Her kan du bruke at:

-Hastigheten i en elliptisk planetbane er gitt ved

$$v = \frac{2\pi ab}{rP}, \quad (1)$$

når  $a$  er store halvakse,  $b$  er lille halvakse,  $r$  er radius-vektor og  $P$  er perioden.

-Forholdet mellom radius-vektor i aphel og perihel er

$$\frac{r_{ap}}{r_{per}} = \frac{1+e}{1-e}, \quad (2)$$

hvor  $e$  er eksentrisiteten.

-Den lille halvakse er gitt ved

$$b = a\sqrt{1-e^2}. \quad (3)$$

## 1.4

Beregn den totale dreieimpulsen i månens og jordas samlede *spinn*. Beregn så månens dreieimpuls på grunn av dens *omløp rundt* jorda. Vi vet at for et kuleformet spinnende legeme er dreieimpulsen  $L$  gitt ved:

$$L = \frac{2MvR}{5}, \quad (4)$$

når  $M$  er legemets masse,  $v$  er dets rotasjonshastighet ved ekvator og  $R$  er radius. (Hint: Husk at månen alltid har samme side mot jorda, og at månen bruker 28 dager på et omløp rundt jorda.)

## 1.5

For måne-jord systemet må  $L$  være konstant. Beregn hvor raskt månen beveger seg vekk fra oss her på jorda på grunn av at den hele tiden får mer dreieimpuls. Døgnet her på jorda blir 0.002 s lenger pr. århundre. (Hint: Du trenger kun se på forandringen i jordas spinn og månens omløp rundt jorda.)

**Gitt:**

**Avstand Sola-Mars: 1.52 AU**

$1AU = 1.495 \times 10^{11} \text{ m}$ ,

**Gravitasjons-konstanten:  $G = 6.672 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$ ,**

**Jordas masse:  $M_j = 5.977 \times 10^{24} \text{ kg}$ ,**

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

**Månens masse:**  $M_m = 7.36 \times 10^{22}$  kg,

**Månens radius:**  $R_m = 1740$  km,

**Avstand Jord-Måne:**  $R_{jm} = 4 \times 10^5$  km.

**Lyshastigheten:**  $c = 3 \times 10^8$  m/s

**Stefan-Boltzmanns lov:**  $F = \sigma T^4$

$\sigma = 5.67 \times 10^{-8}$  Wm<sup>-2</sup>K<sup>-4</sup>

## Oppgave 2

### 2.1

Hva er et HR-diagram? Tegn og forklar.

### 2.2

Forklar hva som skjer med sola fra nå og frem til 10 milliarder år etter at livet på hovedserien er over. (Tegn gjerne et HR-diagram)

### 2.3

Utled ligningen for hydrostatisk likevekt:

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{\rho(r)GM(r)}{r^2}, \quad (5)$$

hvor  $\rho(r)$  er massetetthet ved radius  $r$  og  $M(r)$  er massen innenfor radius  $r$ .

### 2.4

Bruk ligningen for hydrostatisk likevekt og antakelsen om konstant massetetthet i sola til å beregne trykket i sentrum av sola. Anta nå at vi kan bruke ligningen for ideell gass, hva er da temperaturen i sentrum av sola når Boltzmanns konstant  $k = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K og midlere partikkelmasse i sola er  $\bar{m} = \frac{1}{2}m_p$ ?

### 2.5

Vi antar at sola bestod av 100% hydrogen da den ble "født" og at den på hovedserien kan gjøre om 10% av alle massen sin til helium. Hvor lenge har sola igjen på hovedserien når vi vet at sola er ca. 5 milliarder år gammel?

## 2.6

Hva er hovedforskjellen mellom proton-proton-syklusen og CNO-syklusen? Hvilken av disse syklusene er dominerende i sola?

## 2.7

Vi observerer at spektrallinjene fra enkelte objekter er ekstra brede, nevnt de forskjellige årsakene til at de blir brede.

**Gitt:**

$$\text{Solas luminositet: } L_{\odot} = 3.86 \times 10^{26} \text{ W},$$

$$\text{Solas radius: } R_{\odot} = 6.96 \times 10^8 \text{ m},$$

$$\text{Proton-massen: } m_p = 1.6725 \times 10^{-27} \text{ kg},$$

$$\text{Helium-massen (} ^4\text{He): } m_{He} = 6.642 \times 10^{-27} \text{ kg}.$$

## Oppgave 3

### 3.1

Av historiske årsaker er forskjellen i intensitet (mottatt fluks) mellom to stjerner med størrelsesklasseforskjell på 5 (dvs.  $\Delta m = m_2 - m_1 = 5$ ) lik hundre, altså

$$\frac{I_1}{I_2} = 100. \quad (6)$$

Bruk dette til å vise at

$$m - M = 5 \log d - 5, \quad (7)$$

når  $m$  er tilsynelatende størrelsesklasse,  $M$  er absolutt størrelsesklasse og  $d$  er avstand mellom oss og stjerna.

### 3.2

Se nå på et dobbelstjernesystem der den ene komponenten har temperatur  $T_1 = 10000\text{K}$  og radius  $R_1 = 10R_{\odot}$  mens den andre har  $T_2 = 6000\text{K}$  og radius  $R_2 = R_{\odot}$ . Vi bruker et teleskop og måler den tilsynelatende størrelsesklassen til den varmeste stjerna til  $m_1 = 3$ , hva er da avstanden til dobbelstjernesystemet? Hva blir den tilsynelatende størrelsesklassen til den kaldeste stjerna?

### 3.3

Hvis vi ser på dobbelstjerne-systemet med det blotte øyet greier vi ikke å skille de to komponentene, og vi ser dem bare som en enkelt stjerne. Hva vil den tilsynelatende størrelsesklassen til denne 'stjerna' være?

### 3.4

I en vid (extended) radio-galakse ser vi to 'klumper' som sender ut radiobølger på hver side av (og gjerne langt unna) vertsgalaksen, hva er årsaken til dette? (Du kan gjerne tegne litt her.)

### 3.5

Anta et svart hull med masse  $M_s$ . Rundt dette hullet dannes det en masseoverførings-skive av materie som faller inn fra  $R \rightarrow \infty$ . Vi vet at den innerste stabile banen  $R_{IS}$  rundt et svart hull er

$$R_{IS} = 3R_{Sch} = \frac{6M_s G}{c^2}, \quad (8)$$

hvor  $R_{Sch}$  er Schwarzschild-radien. Hvor mye potensiell energi vil gjøres om til varme når 1 kg materie faller inn fra  $R \rightarrow \infty$  til  $R_{IS}$ ? Hvis vi sier at frigjort energi kan beskrives ved

$$E = \eta mc^2, \quad (9)$$

hvor  $m$  er hvilemassen, hva er da  $\eta$ ? (Du kan regne Newtonsk.)

### 3.6

Nevn de fire vanligste metodene å måle avstander utenfor vårt eget solsystem på. Grei ut om fordeler og ulemper med de forskjellige metodene.

**Gitt:**

**Solas absolutte størrelsesklasse:**  $M_{\odot} = 4.8$

**Solas temperatur:**  $T_{\odot} = 5800 \text{ K}$