

UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Avsluttende eksamen i AST2000, 17. desember 2018, 09.00 – 13.00

Oppgavesettet inkludert formelsamling er på 8 sider

Tillatte hjelpemidler: 1) Angel/Øgrim og Lian: Fysiske størrelser og enheter 2) Rottman: Matematisk formelsamling 3) Elektronisk kalkulator av godkjent type

Konstanter og formelsamling for kurset finner du bakerst

Merk: Figurene til oppgavene er ofte på en annen side enn selve oppgaven

Vær nøye med å forklare formlene du bruker: når du bruker formler fra formelsamlingen, forklar veldig kort hvorfor du bruker denne formelen og nevnt hva symbolene i formelen står for. Selv om svaret er riktig, gies det ikke poeng på en oppgave hvis man ikke viser at man har forstått fysikken bak (dette gjelder spesielt oppgaver hvor svaret er oppitt). Hvis du bruker formler som ikke er oppgitt og som ikke er grunnleggende fysiske formler (dette skulle ikke være nødvendig) så må formlene vises.

Det er totalt 11 deloppgaver som alle teller likt.

Spørsmålene kan besvares på enten bokmål, nynorsk eller engelsk. You may answer these questions in either Norwegian or English.

Konstanter og uttrykk som kan være nyttige:

Lyshastigheten: $c = 3.00 \times 10^8$ m/s
Plancks konstant: $h = 6.626 \times 10^{-34}$ J s
Gravitasjonskonstanten: $G = 6.673 \times 10^{-11}$ N m²/kg²
Boltzmanns konstant: $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K
Stefan Boltzmann konstant: $\sigma = 5.670 \times 10^{-8}$ W/m²K⁴.
Elektronets hvilemasse: $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg
Protonets hvilemasse: $m_p = 1.6726 \times 10^{-27}$ kg
Nøytronets hvilemasse: $m_n = 1.6749 \times 10^{-27}$ kg
Wiens forskyvningslov: $\lambda_{\max} T = 0.0029$ m K
1 eV (elektronvolt) = 1.60×10^{-19} J
Massen til jorda: $M_j = 5.97 \times 10^{24}$ kg
Radien til jorda: $R_j = 6378 \times 10^3$ m
Solmassen: $M_{\odot} = 2 \times 10^{30}$ kg
Solradien: $R_{\odot} = 6.98 \times 10^8$ m.
Solas tilsynelatende magnitudo: $m = -26.7$
Solas absolutte magnitudo: $M = 4.83$
Solas luminositet: $L_{\odot} = 3.827 \times 10^{26}$ W
Solas forventede levetid: $t_{\text{life}} = 10^{10}$ år
Massen til Jupiter: 1.9×10^{27} kg
Temperaturen på solens overflate: 5780 K
Astronomisk enhet: 1AU = 1.5×10^{11} m
Hubblekonstanten: $H_0 = 71$ km/s/Mpc
lysår: 1 ly = 9.47×10^{15} m
parsec: 1 pc = 206 265 AU = 3.27 ly

Formler vi har brukt/utledet i kurset:

stråling/magnituder/avstander:

$$\begin{aligned}
 B(\nu) &= \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{h\nu/(kT)} - 1} & I(\nu) &= \frac{dE}{\cos\theta d\Omega dA dt d\nu} \\
 L &= \frac{dE}{dt} & F &= \frac{dE}{dA dt} \\
 F &= \sigma T^4 & v &= H_0 d_p \\
 m_1 - m_2 &= -2.5 \log_{10} \left(\frac{F_1}{F_2} \right) & m - M &= 5 \log_{10} \left(\frac{d}{10 \text{ pc}} \right) \\
 M_V &= -2.81 \log_{10} P_d - 1.43 & \lambda_{\max} T &= 0.0029 \text{ m K}
 \end{aligned}$$

spesiell relativitetsteori:

$$\Delta s^2 = \Delta t^2 - \Delta x^2 \quad \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \left(\sqrt{\frac{1+v}{1-v}} - 1 \right) \quad V_\mu = \gamma(1, \vec{v}) \quad m^2 = E^2 - p^2$$

$$c_{\mu\nu} = \begin{pmatrix} \gamma_{\text{rel}} & -v_{\text{rel}}\gamma_{\text{rel}} & 0 & 0 \\ -v_{\text{rel}}\gamma_{\text{rel}} & \gamma_{\text{rel}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

stjerneutvikling, begynnelsen/hovedserien:

$$\begin{aligned}
 \langle E_K \rangle &= \frac{3}{2} kT & N &= \frac{M}{\mu m_H} & M_J &= \left(\frac{5kT}{G\mu m_H} \right)^{3/2} \left(\frac{3}{4\pi\rho} \right)^{1/2} \\
 \rho(r) \frac{d^2 r}{dt^2} &= -\rho(r)g(r) - \frac{dP(r)}{dr} & P &= \frac{\rho kT}{\mu m_H} & P_r &= \frac{1}{3} aT^4 \\
 \rho_r &= aT^4 & \langle K \rangle &= -\frac{1}{2} \langle U \rangle
 \end{aligned}$$

generell relativitetsteori:

$$\begin{aligned}
 \Delta s^2 &= \left(1 - \frac{2M}{r}\right) \Delta t^2 - \frac{\Delta r^2}{1 - \frac{2M}{r}} - r^2 \Delta \phi^2 & \frac{M_m}{M_{\text{kg}}} &= \frac{G}{c^2} \\
 \Delta t_{\text{shell}} &= \sqrt{1 - \frac{2M}{r}} \Delta t & \Delta r_{\text{shell}} &= \frac{\Delta r}{\sqrt{1 - \frac{2M}{r}}} \\
 \frac{E}{m} &= \left(1 - \frac{2M}{r}\right) \frac{dt}{d\tau} & \frac{L}{m} &= r^2 \frac{d\phi}{d\tau} \\
 \Delta t &= \frac{E/m}{\left(1 - \frac{2M}{r}\right)} \Delta \tau & \Delta \phi &= \frac{L/m}{r^2} \Delta \tau \\
 \Delta r &= \pm \sqrt{\left(\frac{E}{m}\right)^2 - \left[1 + \left(\frac{L/m}{r}\right)^2\right] \left(1 - \frac{2M}{r}\right)} \Delta \tau & \frac{V_{\text{eff}}(r)}{m} &= \frac{1}{2} \frac{(L/m)^2}{r^2} - \frac{M}{r} \\
 \frac{V_{\text{eff}}(r)}{m} &= \sqrt{\left(1 - \frac{2M}{r}\right) \left[1 + \frac{(L/m)^2}{r^2}\right]} & \Delta r &= \pm \left(1 - \frac{2M}{r}\right) \sqrt{1 - \left(1 - \frac{2M}{r}\right) \frac{(L/E)^2}{r^2}} \Delta t \\
 r \Delta \phi &= \pm \frac{L/E}{r} \left(1 - \frac{2M}{r}\right) \Delta t & b &= \frac{L}{p} \\
 V_{\text{eff}} &= \frac{1}{r} \sqrt{1 - \frac{2M}{r}} & b_{\text{crit}} &= 3\sqrt{3}M \\
 \Delta \phi &= \frac{4M}{R} & \theta_E &= \sqrt{\frac{4M(d_{\text{source}} - d_{\text{lens}})}{d_{\text{lens}} d_{\text{source}}}}
 \end{aligned}$$

kjernereaksjoner:

$$\begin{aligned}
 U &= -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Z_A Z_B e^2}{r} & \epsilon_{AB} &= \epsilon_0 X_A X_B \rho^\alpha T^\beta \\
 \epsilon_{pp} &\approx \epsilon_{0,pp} X_H^2 \rho T_6^4 & \epsilon_{0,pp} &= 1.08 \times 10^{-12} \text{Wm}^3/\text{kg}^2 \\
 \epsilon_{CNO} &= \epsilon_{0,CNO} X_H X_{CNO} \rho T_6^{20} & \epsilon_{0,CNO} &= 8.24 \times 10^{-31} \text{Wm}^3/\text{kg}^2 \\
 \epsilon_{3\alpha} &= \epsilon_{0,3\alpha} \rho^2 X_H^3 T_8^{41} & \epsilon_{0,3\alpha} &= 3.86 \times 10^{-18} \text{Wm}^6/\text{kg}^3
 \end{aligned}$$

stjerners egenskaper/siste stadier i stjerneutvikling:

$$\begin{aligned}
 L &\propto M^4 & t &\propto 1/M^3 \\
 M &\propto T_{\text{eff}}^2 & E_F &= \frac{h^2}{8m_e} \left(\frac{3n_e}{\pi}\right)^{2/3} \\
 \frac{T}{n_e^{2/3}} &< \frac{h^2}{12m_e k} \left(\frac{3}{\pi}\right)^{2/3} & P &= \left(\frac{3}{\pi}\right)^{2/3} \frac{h^2}{20m_e} n_e^{5/3} \\
 P &= \frac{hc}{8} \left(\frac{3}{\pi}\right)^{1/3} n_e^{4/3} & \langle E_K \rangle &= \frac{3}{5} E_F \\
 R_{\text{WD}} &\approx \left(\frac{3}{2\pi}\right)^{4/3} \frac{h^2}{20m_e G} \left(\frac{Z}{Am_H}\right)^{5/3} M^{-1/3} & M_{\text{Ch}} &\approx \frac{\sqrt{3/2}}{2\pi} \left(\frac{hc}{G}\right)^{3/2} \left(\frac{Z}{Am_H}\right)^2 \approx 1.4M_\odot
 \end{aligned}$$