

注意 筆記用具、時計（計時機能のみ）以外は持ち込み不可。試験時間 90 分。

問題 1. 宇宙における元素の起源について述べなさい。

問題 2. パーセク (pc) の意味を説明しなさい。

問題 3. 水素爆弾も太陽のような星もともに水素 (重水素) の核融合反応で莫大なエネルギーを出す。しかし、水素爆弾は爆発するのに、星は爆発しない。その理由を分かりやすく説明しなさい。

問題 4. 縮退圧について述べ、それが効く天体について具体例を挙げて説明しなさい。

問題 5. ブラックホールは、あらゆる物を飲み込むと思われているが、なぜ、蒸発するのか。その理由を自分で理解した範囲でよいから、延べよ。

問題 6. $7M_{\odot}$ の星の進化の道筋を下の HR 図を使って、説明しなさい。A 点から G 点の星の内部構造についても述べること。

問題 7. 太陽のような星はほぼ球対称とみなせます。球対称とは密度、温度、圧力などの分布が中心からの距離 r だけの関数としてよいことを意味します。このような場合に、星の内部では重力と圧力勾配が釣り合っているので、

$$\frac{dP}{dr} = -\frac{GM_r}{r^2} \rho \quad (1)$$

$$\frac{dM_r}{dr} = 4\pi r^2 \rho \quad (2)$$

とかけます。ここで、 P は圧力、 $G = 6.67 \cdot 10^{-8} \text{dyne} \cdot \text{cm}^{-2} \text{g}^{-2}$ は重力定数、 M_r は中心からの距離 r の球の内側に入っている質量、 ρ は密度をあらわします。

太陽のような星は、中心に行く程、密度が大きくなっていきますが、いま仮に密度が一定だとした場合、この方程式は簡単に積分できます。星の半径が R 、質量が M 、だとした場合に圧力分布を求めなさい。ただし、星の表面 ($r = R$) では圧力はゼロになるとしてよい。このときの星の中心圧力を G と M と R で表しなさい。

また、状態方程式が

$$P = \frac{\rho k T}{\mu m_a} \quad (3)$$

で与えられるとした場合に、温度分布を求めなさい。ここで、 T は絶対温度、 $k = 1.38 \cdot 10^{-16} \text{erg} \cdot \text{K}^{-1}$ はボルツマン定数、 μ は平均分子量 (この場合は 0.76 とせよ)、 $m_a = 1.66 \cdot 10^{-24} \text{g}$ は原子質量単位である。質量 M に太陽の質量 ($M = 2 \text{g}$)、 R に太陽の半径 ($R = 7 \text{cm}$) を代入し、中心温度を、 cgs の単位で求めなさい。実際の太陽の中心温度は、1 千 6 百万度と見積もられている。計算値とずれがある場合は、その理由を述べなさい。

要望・感想・評価「宇宙科学 I」の授業についての要望、感想、あるいは、改善点など、自由に書いてください。この部分は点数には含まれません。