

2008 夏予想解答？

問題 1

1. 極端に温度が低い星の内部では、熱運動による圧力はゼロになるが、量子力学的な効果による圧力が存在する。この量子力学的な効果による圧力を縮退圧といい、星の密度が高くなって温度による圧力よりも縮退圧の方が大きくなる場合を「星は縮退する」という。
2. 初期宇宙の超高温状態においてバラバラでプラズマ状態にあった電子が、宇宙の温度が約 3000K まで下がった時(約 10 万年後)に原子核と結合して中性原子になった。これによって輻射が自由電子による散乱を受けなくなり、宇宙の遠方まで見通せるようになった。これが宇宙の晴れ上がりである。
3. 2010 夏の 1-3 参照
4. 2009 夏の 1-5 参照
5. 2010 夏の 1-5 参照

問題 2

半径 R の恒星から単位時間に出てくる全エネルギーフラックス、つまりこの星の光度は、 $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$ と表せるので、恒星の光度と温度がわかれば R がわかる。恒星までの距離がわかっていると恒星の見かけの等級と距離から恒星の絶対等級がわかり、恒星の単位時間、単位面積あたりのエネルギーフラックス f がわかる。ステファン・ボルツマンの式より $f = \sigma T^4$ なので、これで恒星の温度がわかった。また、色指数から星の温度が一義的に決まるので、色指数を求めれば温度 T もわかり、 R がわかる。

問題 3

- A) ゼロ年齢主系列
- B) 中心部で水素を燃やし尽くす
- C) ヘリウム核が形成され、水素殻燃焼に移る。ヘリウム核は縮退。
- D) 水素外層が対流層になり、林トラックに乗る。
- E) 中心部でトリプル・アルファ反応(ヘリウム燃焼)が始まる。(ヘリウム核の縮退のため、ヘリウムフラッシュとなる)
- F) トリプル・アルファ反応が安定化し、水平分岐にのる
- G) ヘリウム殻燃焼に移行。この後恒星風が吹き始め、白色矮星が残る。

図は省略

問題 4

1. 地球: $a_3 \left(\frac{2\pi}{P_3} \right)^2 = \frac{GM_\odot}{(a_3)^2}$ 、火星: $a_4 \left(\frac{2\pi}{P_4} \right)^2 = \frac{GM_\odot}{(a_4)^2}$

2. (1)より、

$$a_4 = a_3 \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{2/3} = 1.52 a_3 \quad \dots \textcircled{1}$$

また、レーダーエコー実験の結果より、

$$a_4 - a_3 = \frac{1}{2} c t_{34} = 784.5 \times 10^8 \text{ m} \quad \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \text{より、} a_3 = 1508.6 \dots \times 10^8 \text{ m} \approx 1.5 \times 10^{11} \text{ m} \quad , \quad a_4 = 2293.1 \dots \times 10^8 \text{ m} \approx 2.3 \times 10^{11} \text{ m}$$

3. 地球からある星までの距離 d を年周視差 p で表したときに $d = \frac{1}{p}$ と簡単に表せるように取られた距離単位がパーセク(pc)である。
地球の公転に伴って星の位置が天球上を角度 θ だけ移動したとき、その星までの距離は

$d \approx \frac{a_3}{\theta}$ となる。ここで、年周視差を p とすると

$$d = \frac{1.5 \times 10^{11}}{\pi p / (180 \times 60 \times 60)} \approx \frac{3 \times 10^{16}}{p} m \quad \text{となるから} \quad 1 pc = 3 \times 10^{11} m$$