

強者の戦略

研伸館の米田 誠です。強者の戦略 HP の物理のページ、第 47 回目は『お茶の水女子大学 前期日程』からの出題です。この問題は高校物理では扱われない“シュテファン・ボルツマンの法則”という黒体放射に関する法則（これも高校物理外ですね）がテーマとなっています。もちろん、それらに関する特別な知識は問われず、『高校物理で学ぶ基礎知識に基づいて問題文の指示を満足する解答を捻り出す力』が問われています。いわゆる『論理的思考力』の有無が問われます。2014 年の入学者のうち満足に得点できた人はそんなに多く無かったと思われませんが、是非挑戦してみてください。

(追記：研伸館 内多講師によると、「気象予報士試験」の必須学習項目だそうです。)

【問題】 シュテファン・ボルツマンの法則『出典：2014 年度 お茶の水女子大学 前期日程』

(考察時間目安：20 分)

惑星は太陽によって暖められ、そのエネルギーはやがて宇宙空間に逃げていく。このバランスによって、その惑星の平均表面温度が決まる。入ってくる単位時間当たりのエネルギー W_{in} は、太陽からの距離 R や惑星半径 r によるだろう。一方、逃げていく単位時間当たりのエネルギー W_{out} は、その惑星の表面積に比例し、その比例係数 f は温度 T に依存するだろう。太陽からのエネルギーは、地球の位置 $R_E = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$ において単位時間単位面積当たり $s_E = 1.3 \times 10^{11} \text{ W/m}^2$ である(太陽定数)。以下の問(1)～(4)に答えよ。数値は有効数字 1 桁で計算せよ。

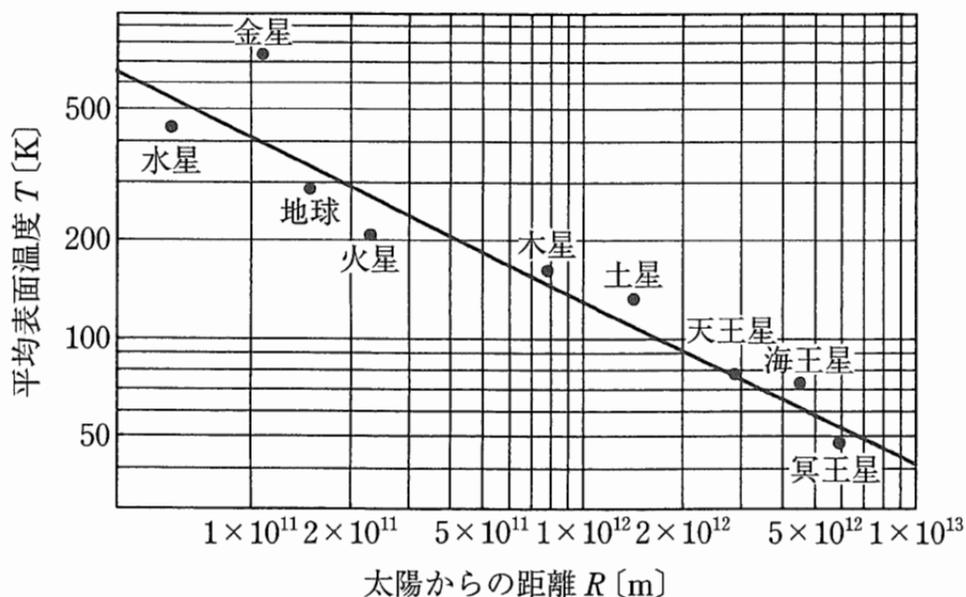


図1 画惑星表面の平均温度 T を、その惑星の太陽からの距離 R の関数としてえがいた両対数グラフ。縦軸・横軸はそれぞれ $\log_{10} T$, $\log_{10} R$ であるが、目盛りはもとの値 T [K], R [m] で書かれている。ほぼ、直線関係が得られて、

$$T = 1.3 \times 10^8 R^{-\frac{1}{2}}$$

となることがわかる。

データは <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/index.html>。温度は、場所・時間の平均。ガス惑星では1気圧地点での平均。

強者の戦略

- (1) 図から得られた、温度 T [K] と距離 R [m] との関係式 $T = 1.3 \times 10^8 R^{-\frac{1}{2}}$ を用いて、比例係数 $f(T)$ の表式を R_E , s_E を用いて表せ。
- (2) 一般に、熱平衡にある物体からは、 W_{out} の表式に従って、空間にエネルギーが逃げている、と考えてみよう。すると太陽自身の表面温度を見積もることができる。太陽の直径を $r_{\text{sun}} = 7.0 \times 10^8 \text{ m}$ とし、て計算せよ。
- (3) 前問 (2) と同様のことを同室の実験で考えてみよう。100 W の白熱電球を点灯し、その表面をアルミ箔で完全に覆い隠したとき、アルミ箔の温度は何度に落ち着くだろう。フィラメントは直径 10 cm の球形ガラス電球の中央にあるとする。
- (4)
- (i) 惑星のうち金星の表面温度は直線から大きく外れて高い。考えられる理由を、その検証の方法も含めて、説明せよ。
 - (ii) 問 (1) ~ (3) の考察や図のデータに関して気付くことや考えたことがあればいくつでも記せ。