

解答上の注意

- 答案用紙 2 枚, 下書用紙 1 枚
- 解答には問題番号を明記すること . 並びは設問順と違っていてもよい .
- 解答に答案用紙の裏面を用いても良い . その場合は裏へと明記すること .
- 答案には導出過程も簡潔平明に記述すること .
- 筆記用具と電卓以外の持ち込み不可 .

1. 以下の問に答えなさい .

- (1) 大気の総質量 M_a を地表面での気圧 P_s , 重力加速度 g および惑星半径 r を用いて表す式を導きなさい . ただし大気の厚さは惑星半径に比べて十分薄いものとする .
- (2) (1) で導いた式を用いて地球大気の質量を計算せよ . $P_s = 1013 \text{ hPa}$, $g = 9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, $r = 6378 \text{ km}$ とする .
- (3) 地球大気と同質量の大気が火星に存在した場合の地表面気圧を求めよ . 火星の半径と表面重力加速度は , それぞれ地球の値の 53% ならびに 38% である .

2. 以下の問に答えなさい .

- (1) プランクの輻射式

$$U(\nu, T)d\nu = \frac{8\pi}{c^3} \frac{h\nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} d\nu$$

は何を表すものか簡潔に説明しなさい . またこの式に含まれる物理定数 c , h , k について , それぞれの名称と MKSA 単位系における単位を記しなさい .

- (2) プランクの輻射式からプランク関数

$$B_\nu(T) = \frac{2}{c^2} \frac{h\nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$$

を導きなさい .

- (3) プランク関数からステファン・ボルツマンの法則を導きなさい . 積分公式

$$\int_0^\infty \frac{x^3}{e^x - 1} dx = \frac{\pi^4}{15} \text{ を用いてよい .}$$

- (4) 仮に地球の公転軌道半径が現在の 80%であったとする．太陽の絶対光度やアルベドなどの他の条件は変わらなかったとして，このときの地球の平衡温度を求めよ．なお現在の地球の平衡温度は 256 K である．

3. 以下の問に答えなさい．

- (1) 気温 T (絶対温度) が高度 z の関数として $T = T_s - \Gamma z$ で与えられる平行平板大気がある．ここで T_s, Γ は正定数である．重力加速度を g ，大気成分 1 mol あたりの質量を μ ，高度ゼロにおける気圧を P_s とするとき，高度 z (ただし $z < T_s/\Gamma$) における気圧 P を表す式を導きなさい．必要な物理定数は適宜導入してよい．

- (2) クラウジウス・クラペイロンの式

$$\left. \frac{dP}{dT} \right|_{eq} = \frac{\Delta h}{T \Delta v}$$

について簡潔に説明しなさい．

- (3) クラウジウス・クラペイロンの式を気液平衡に適用する． Δh が一定でかつ $\Delta v = \frac{RT}{P}$ と近似できるとき任意の温度 T における平衡蒸気圧 P を表す式を導け．ただし基準となる温度 T_0 における平衡蒸気圧を P_0 とする．
- (4) 富士山山頂 (高度 3776 m) の気圧を求め，そこでは水は摂氏何度で沸騰するか推算しなさい．ここで気体定数は $8.3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，重力加速度は $9.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ，地球大気のアボガドロ数は 28.8 ，高度ゼロにおける気温と気圧はそれぞれ 300 K ならびに 1013 hPa，高度 1km あたり気温は 6.8 K 低下するものとする．また H_2O の蒸発潜熱は $2260 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ とする．自然対数の値を求めるには数表を用いてよい．

自然対数表

x	$\log x$	x	$\log x$	x	$\log x$	x	$\log x$
0.05	-2.99573	0.30	-1.20397	0.55	-0.59784	0.80	-0.22314
0.10	-2.30259	0.35	-1.04982	0.60	-0.51083	0.85	-0.16251
0.15	-1.89712	0.40	-0.91629	0.65	-0.43078	0.90	-0.10536
0.20	-1.60944	0.45	-0.79851	0.70	-0.35667	0.95	-0.05129
0.25	-1.38629	0.50	-0.69315	0.75	-0.28768	1.00	0.00000