

小論文

(2005年2月)

[1] から [5] までの 5 問のうち、2 問を選択して解答せよ。各問ごとに別の解答用紙を用い、問題番号の欄に選択した番号を記入すること。

[1]

以下の小問より 1 題または 2 題を選択し、解答せよ。2 題選択した場合は得点の高い方の小問の点数を本問の点数とする。

- (1) 宇宙において X 線を放射する天体にはどのようなものがあるか、一種類以上述べ、その天体における X 線の放射機構について説明せよ。
- (2) 比較的近距离及び比較的遠距離の天体までの距離を測定する方法をそれぞれ一つ述べ、その原理と適用限界について説明せよ。
- (3) 運動する荷電粒子が放射する電磁波については双極子公式、運動する質量が放出する重力波については四重極公式がよく知られているが、なぜ重力波には「双極子公式」がないのか、電磁波と重力波の違いを考慮しながら説明せよ。
- (4) 恒星の表面温度と質量との関係について述べ、なぜそのような関係が成り立つのか論ぜよ。

[2]

物質の密度は、地球惑星科学において最も重要な物理量のひとつである。以下の小問より2題を選択し、必要なら表1、2も用いて具体例を挙げて解答せよ。

- (1) 地球の層構造（地殻・マントル・核）の形成に関して、物質の密度が果たす役割を述べよ。
- (2) 鉱物の高圧相転移と密度との関係を述べ、その関係を熱力学的に説明せよ。
- (3) 表1の各天体の主要元素組成および層構造の違いについて論ぜよ。

表1 地球型惑星と月の密度

	赤道径 [#] km	体積 [#] km ³	質量 [#] kg	平均密度 ¹ g/cm ³	補正密度 ² g/cm ³
水星	4879	6.08×10^{10}	3.30×10^{23}	5.43	5.4
金星	12104	9.28×10^{11}	4.87×10^{24}	5.25	4.3
地球	12756	1.09×10^{12}	5.98×10^{24}	5.49	4.3
火星	6794	1.64×10^{11}	6.42×10^{23}	3.91	3.7
月	3476	2.14×10^{10}	7.15×10^{22}	3.34	3.3

Bakich (2000) The Cambridge Planetary Handbook に基づく。

- 1 平均密度：天体の質量と体積から求めた質量。
- 2 補正密度：天体の自己重力による収縮がなかったときの推定密度（主としてBroecker (1985) に基づく）。

表2 鉱物およびガラスの密度（室温、1気圧）

	密度 (g/cm ³)
石英	SiO ₂ 2.648
コーサイト	SiO ₂ 2.909
エンスタタイト	MgSiO ₃ 3.204
フォルステライト	Mg ₂ SiO ₄ 3.227
スピネル型 Mg ₂ SiO ₄	Mg ₂ SiO ₄ 3.563
ペロブスカイト型 MgSiO ₃	MgSiO ₃ 4.107
トロイライト	FeS 4.839
カマサイト	Fe 7.873
玄武岩質ガラス	2.777

AGU Reference Shelf 2 (1995) Ahrens (ed.) による。

[3]

惑星・地球科学的試料の年代測定法に関する以下の小問について解答せよ。

- (1) ある試料について放射年代測定を行うものとする。放射性核種である親元素の現在の原子数を P_p 、その崩壊(壊変)定数を λ とする。一方、安定な娘元素の現在の原子数は D_p であり、さらに時間 t だけさかのぼった時点で、娘元素が既に D_0 だけ試料中に存在していたものとする。このとき、 D_p が以下の式で表されることを示せ。

$$D_p = D_0 + P_p (e^{\lambda t} - 1)$$

- (2) 小問(1)で示された式に基づいて、 D_0 の推定を含め、放射年代 t を決めるための前提(仮定)および方法について説明せよ。
- (3) 具体的な絶対年代測定法の例をひとつ挙げ、それについて知るところを述べよ。

[4]

ある金属試料の電気抵抗率の温度変化を、室温 (300 K) から液体ヘリウム温度 (4.2 K) の範囲で測定する実験を計画した。これに関し以下の小問に答えよ。

- (1) 典型的金属の電気抵抗率の値を決める要因を二つ挙げて、それぞれについて記述せよ。この記述に基づいて、電気抵抗率の温度変化を図示せよ。
- (2) この金属試料の室温での電気抵抗率は、およそ $10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ であることがわかっている。測定用の金属試料を断面積 1 mm^2 、長さ 1 cm に切り出した。この試料の電気抵抗の温度変化を測定する際、どのような点に注意すべきかを述べ、実際の測定手順を記述せよ。温度測定、温度制御のための装置はすでに準備されているとし、テスター (感度 0.01Ω)、直流定電流電源 (最大出力 10 mA)、デジタル電圧計 (感度 10^{-6} V) が使用可能である。また必要なら抵抗、コンデンサー、コイル、オペアンプ (駆動電源は確保されている) の電子部品を使用してもよい。

[5]

地球の大気について以下の問いに答えよ。ただし重力加速度・および温度 T は高さ h に対して変化せず、大気は理想気体とする。

- (1) 圧力 p は地表からの高さと共にどのように変化するか。高さ h の位置にある微小体積に働く力に基づいて論ぜよ。また地表での圧力を p_0 として、 p と h の関係を図示せよ。
- (2) 次に密度が地上の値のままで h に対して一定な仮想大気を考える。地表での圧力が小問(1)の p_0 と同じであるとき、大気層の厚さはいくらになるか。

必要なら以下の定数を用いてよい。

ボルツマン定数 : $k_B = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

重力加速度 : $g = 9.8 \text{ m/s}^2$

空気の平均分子質量 : $M = 4.8 \times 10^{-26} \text{ kg}$

