

大阪大学・大学院理学研究科  
博士前期課程（宇宙地球科学専攻・第2次募集）入学試験問題  
小論文  
(2017年10月28日11時00分～12時30分)

次の〔1〕から〔4〕までの4問のうちから2問を選択して解答せよ。各問には試験答案用紙を1問につき1枚のみ用い、選択問題番号の欄に選択した問題番号を記入すること。解答を表面に記入しきれない場合には、裏面を使用して良い。

[1]

I. 半径  $R$  の円弧の内側に沿って往復する質点の運動を考える。図 1-1 のように鉛直下向きを基準として円弧の中心まわりの角度を  $\theta$  とする。重力加速度の大きさは  $g$  として、運動を 2 次元平面内に限定して考える。質量  $m$  の質点が、 $\theta = \theta_0 (> 0)$  の位置より初速 0 で円弧に沿って動き出した。円弧との間の摩擦や空気抵抗は無視できる。

(1) 最初に円弧の最下点( $\theta = 0$ )を通過するときの、質点の速度の大きさと向きを求めよ。

(2) また、 $|\theta|$  が十分小さいとき、往復運動の周期を求めよ。

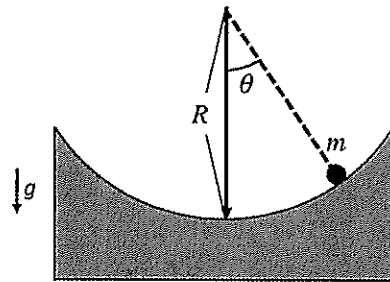


図 1-1

II. 図 1-2 のように、円弧が質量  $M$  の台の上面で、台全体は水平面上を摩擦なく滑ることができる場合を考える。重力加速度の大きさは  $g$  として、運動を 2 次元平面内に限定して考える。質量  $m$  の質点が、 $\theta = \theta_0 (> 0)$  の位置より初速 0 で円弧に沿って動き出した。初期状態で  $M$  は静止している。質点と円弧との間の摩擦や空気抵抗は無視できる。

(3) 最初に円弧の最下点( $\theta = 0$ )を通過するときの、質点の速度の大きさと向きを求めよ。

(4) さらに、台と質点はどのような運動を続けるか、説明せよ。

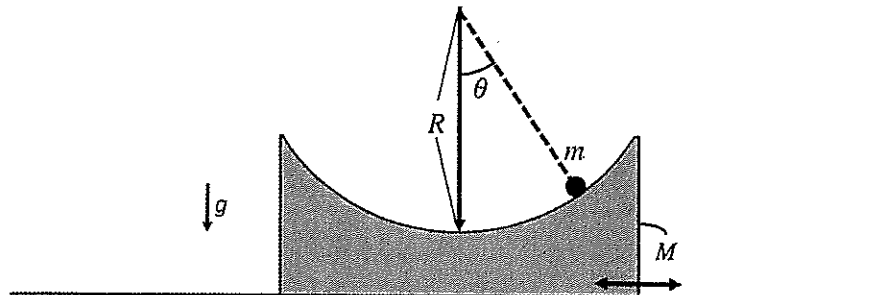


図 1-2

III. 図 1-3 のように鉛直下向きの円錐（中心軸は鉛直で頂角  $2\theta$ ）の内側面に沿って滑らかな運動を行う質量  $m$  の質点を考える。質点の位置は右図のように極座標系  $(r, \theta, \phi)$  で表せる ( $\theta$  は一定)。摩擦や空気抵抗が無視できるとき、次の問いに答えよ。重力加速度の大きさは  $g$  とする。

円錐先端  $O$  からの距離  $r = r_0$  で、円錐の内側に沿って水平方向に初速度  $v = r_0 \sin \theta \dot{\phi} = v_0$  で質点を運動させたところ円運動となった（図の破線）。

(5) 質点が円錐面から受ける抗力の大きさを  $N$  とする。質点にかかる力を、円錐面上の  $r$  方向（母線方向）と、水平面上の中心軸方向に分けて考える。 $r$  方向にかかる力が釣り合っているとき、 $N$  と円運動の向心力を、 $r_0, \theta, m, g$  のうち必要なものを使って表せ。

(6)  $v_0$  の大きさを求めよ。また質点の中心軸まわりの角運動量、運動エネルギーを求めよ。いずれも  $r_0, \theta, m, g$  のうち必要なものを使って表せ。

(7) 運動している質点の  $r$  を  $r_0$  からわずかに動かしたところ、 $r_0$  のまわりで周期的な振動を始めた。中心軸まわりの角運動量が保存されることを使って、 $r$  の振動を記述する式を導出せよ。 $r = r_0 + r'$  として振動成分  $r'$  の振幅は  $r_0$  より十分小さいと考えて良い。また、振動の周期を  $r_0, \theta, m, g$  のうち必要なものを使って表せ。

(8)  $r$  の振動の周期が元の円運動の周期と一致するための  $\theta$  の条件を求めよ。

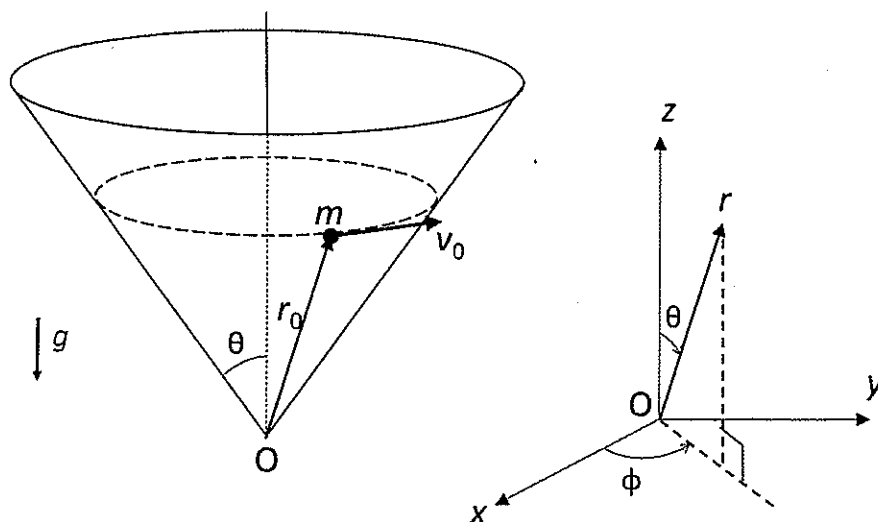


図 1-3

[2] 電磁石を作成しその間隙に加速した荷電粒子を入射させる。荷電粒子の通路、電磁石の間隙とも真空装置の中に設置する。荷電粒子の速度の大きさは光速に比べて十分小さいものとする。

I. ホール効果を利用して電磁石の間隙部分の磁束密度を測定しよう。図 2-1 のような厚み  $h$ 、一辺  $l$  の正方形の銅板を一様な磁束密度  $B$  の中に設置する。磁束密度の方向を  $z$  軸に、図に示した  $y$  軸の方向に一定の電流  $I_0$  を流す。このとき  $x$  軸に垂直な両端の面に生じる電圧の大きさ  $V$  を測定する。 $I_0$  を電流  $I_0$  の大きさ、 $B$  を磁束密度  $B$  の大きさとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 伝導電子の数密度を  $n$ 、素電荷を  $e$ 、伝導電子の速度の大きさを  $v$  として、 $V$  を  $e, v, h, l, B$  のうち必要な文字を使って書け。
- (2) 伝導電子の速度の大きさ  $v$  を  $I_0, n, e, h, l$  のうち必要な文字を使って書け。
- (3) 磁束密度の大きさ  $B$  を  $I_0, n, e, h, l, V$  のうち必要な文字を使って書け。
- (4) もし銅板のかわりに、同じ大きさ (厚み  $h$ 、一辺  $l$  の正方形) の半導体部品用シリコン板を使用した場合、銅板を使用した場合に比べて  $V$  はどうなるか、理由を含めて答えよ。

II. 巻き数  $N$  のコイルを、図 2-2 のような間隙をもったドーナツ型の鉄心に巻き付けて、電流  $I$  を流し、電磁石をつくる。図 2-2 に示したようにドーナツの軸の長さを  $L$ 、間隙の長さ  $d$  とする。真空中の透磁率を  $\mu_0$ 、鉄の透磁率は  $\mu$  として以下の問いに答えよ。

- (5) ドーナツの軸にそって、間隙も含めて 1 周する長さ  $L + d$  の経路を考える。間隙  $d$  は  $L$  に比べて十分短く、この経路にそって一定の大きさ  $B$  の磁束密度が生じているとする。この経路上、鉄心内の磁場の強さを  $H$ 、間隙での磁場の強さを  $H_0$  として、この経路に沿ってアンペールの法則を適用して、 $H_0$  を  $H, L, d, N, I$  から必要な文字を使って書け。
- (6) 間隙での磁束密度の大きさ  $B$  を、 $\mu_0, \mu, L, d, N, I$  から必要な文字を使って書け。
- (7) 一般に  $\mu \gg \mu_0$  であるため、 $\mu d \gg \mu_0 L$  がなりたつと考えてよいとする。このとき、間隙での磁束密度の大きさは、鉄心がない場合の何倍になるか、 $\mu_0, \mu, L, d$  から必要な文字を使って書け。

III. 静止状態から電圧  $V_a$  で加速した電荷  $q$ 、質量  $m$  の荷電粒子を、一様で時間的にも一定な磁束密度  $B$  の電磁石間隙に入射させる。この間隙中での荷電粒子の運動の曲率半径  $r$  を検出器で測定する。

- (8) 半径  $r$  と磁束密度の大きさ  $B$  から荷電粒子の比電荷  $q/m$  を求め、 $V_a, r, B$  から必要な文字を使って書け。
- (9) この実験装置に新たな装置を付加して、荷電粒子の運動エネルギー  $K$  を求めたい。適当と思われる方法をひとつ考え、100 字以内で説明せよ。
- (10) この荷電粒子の質量  $m$  を、 $V_a, r, B, K$  から必要な文字を使って書け。

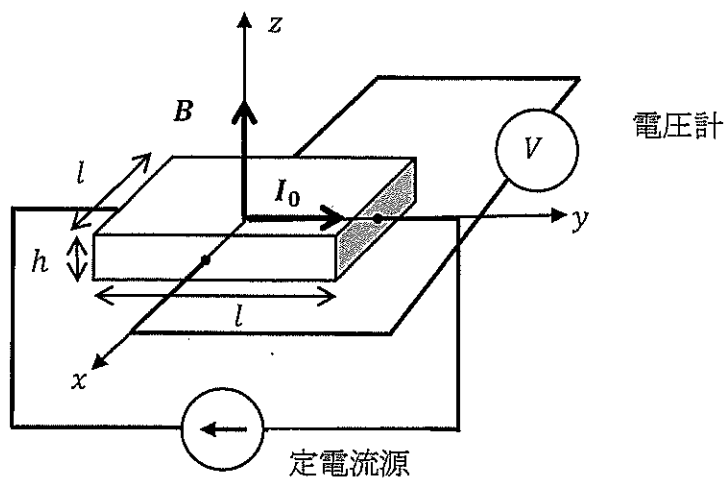


圖 2-1

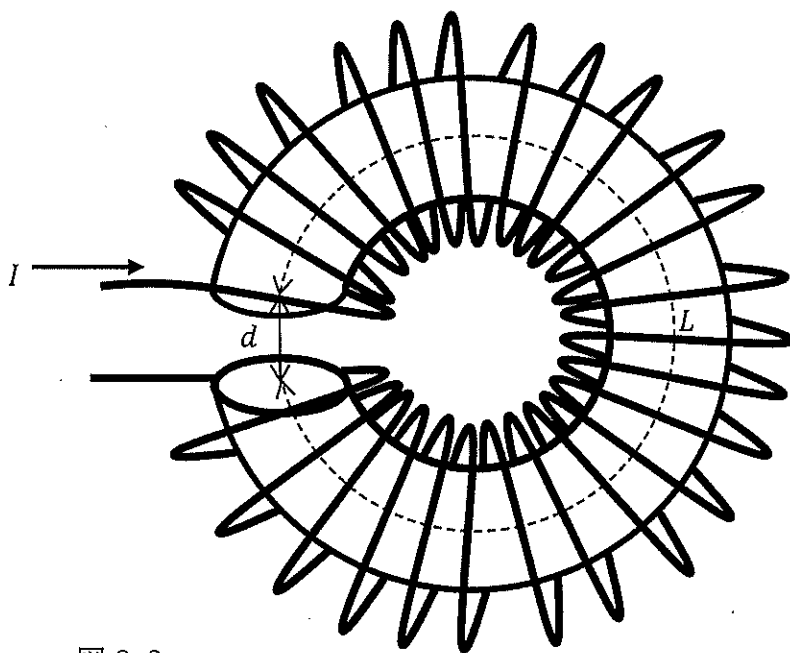


圖 2-2

[3] 以下の設問に答えよ。

I. 宇宙、太陽系の元素存在度および隕石に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 元素合成に関して、原子番号が 6(炭素)から 26(鉄)までの元素と、原子番号が 26 より大きい元素の起源の違いについて、恒星の一生と関連づけて 5~6 行程度で説明せよ。
- (2) 下の図 3-1 は、太陽光球の元素存在度と始源的な炭素質コンドライトの元素存在度との相関を示した図である。以下の問いに答えよ。

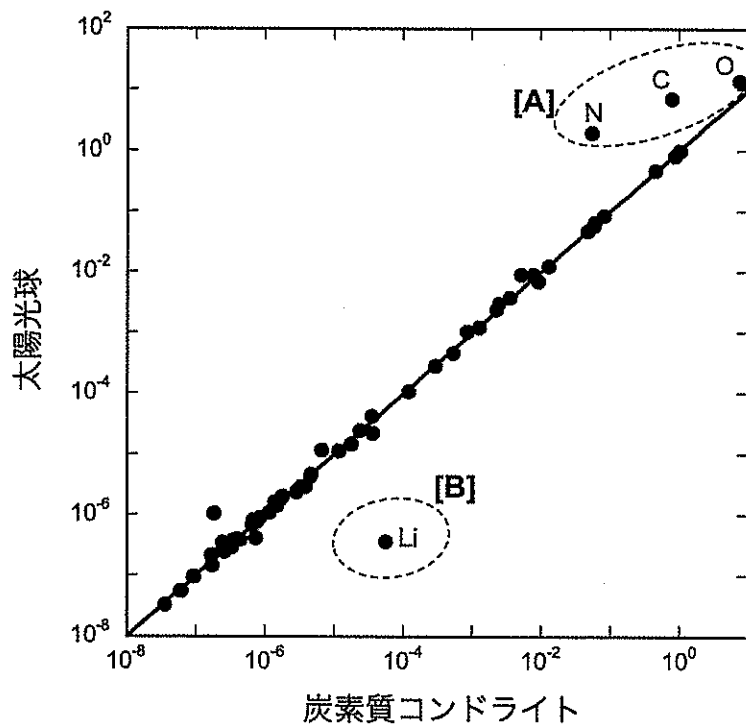


図 3-1. 炭素質コンドライトと太陽光球の元素存在度の関係

各元素の原子数を Si 原子数で規格化してプロットしたもの。1 つの点が 1 種類の元素に対応する。(Lodders, 2003 に基づく)

- (2-1) [A]の領域で示される元素が、図中の直線から外れる理由を 2 行程度で説明せよ。
- (2-2) [B]の領域で示される元素が、図中の直線から外れる理由を 2 行程度で説明せよ。
- (3) ある岩石を鑑定する際に、地球外起源の隕石であると判断する科学的根拠・基準を 3 つ考え、それぞれ 2 行程度で説明せよ。

II. 大陸とマントルに関する以下の問いに答えよ。

- (4) 地球上の大陸は、ある時期には 1 つの大きな超大陸を形成し、またある時期にはいくつかの大陸に分かれるという集合・分裂を繰り返してきた。このような大陸の集合・分裂のサイクルは、どのようなプロセスと考えられているか。マントルダイナミクスと関連づけて、5~10 行で説明せよ。
- (5) マントル対流のモデルに関して、図 3-2 に示す深さ  $z$  方向に温度勾配のある場を考える。 $\Delta T/\Delta z$  は地温勾配とする。いま微小塊を断熱的 (adiabatic) に  $dz$  だけ上昇させる。このとき微小塊は断熱膨張し、 $(dT/dz)_{ad}$  の割合で温度変化する。周囲の地温勾配  $\Delta T/\Delta z$  が微小塊の温度変化率  $((dT/dz)_{ad})$  よりも小さな場合(線 A)と大きな場合(線 B)で、上昇した微小塊はその後どう動いていくと考えられるか。それぞれ 2~3 行程度で説明せよ。ただし微小塊と周囲は同じ物質(正の熱膨張率を持つ)であるとする。

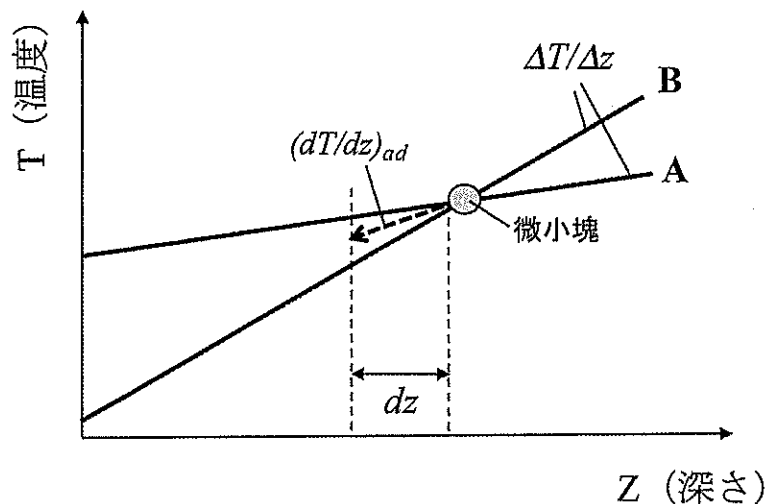


図 3-2

[4] 以下に記す設問 (1) から (8) のうち、4問を選択して、それぞれ解答せよ。8行以内で簡潔に記述すること。図を追加してもよい。なお、答案用紙には、選択した設問記号(1)～(8)を記入せよ。

- (1) 放射性核種の崩壊過程を用いた岩石年代測定法について以下の問いに答えよ。時刻  $t$  における親核種の数  $P(t)$ 、娘核種の数  $D(t)$ 、崩壊(壊変)定数を  $\lambda$  として、アイソクロンの勾配を導出せよ。
- (2) 地球を構成する元素について、地球全体、大気、地殻、上部マントルについて、存在度の高いものから4番目まで順番にあげよ。原子数比でも、質量比でもよいが、どちらであるかは明記すること。
- (3) 結晶の7つの結晶系の名前を書きなさい。そのうち、以下の(a)～(e)の性質を示す結晶系をそれぞれ全てあげなさい。(a)3回回転対称がある、(b)回転対称がない、(c)光学軸が一軸性、(d)斜消光を示す、(e)焦電性を持ってない。
- (4) 火山噴火の予知にはどのような観測が行われているか、5つ以上の観測項目を挙げ、その観測項目がどうなると噴火が近いと考えるかを述べよ。
- (5) 反応速度論で用いられるアレニウスプロットとは何をどのようにプロットして何をもとめるものか述べよ。また、その具体的な例を示せ。
- (6) 物質の2つの相の平衡状態をあらわすクラウジウス-クラペイロンの式を書け。また、常圧付近での氷と水の関係について、 $dP/dT$ の符号の正負 ( $P$ :圧力,  $T$ :温度) と、圧力が増加した時の融点の変化について説明せよ。
- (7) 10mメッシュの数値標高地図の着目する地点に隣接する東西南北の4点の座標から、斜面の傾きと傾斜の方向を求めよ。4点の座標は $P_{北}=(1000, 1010, 862)$ 、 $P_{東}=(1010, 1000, 882)$ 、 $P_{西}=(990, 1000, 862)$ 、 $P_{南}=(1000, 990, 842)$ とする(単位はm)。傾きは水平を0度とし、角度ではなくコサインの値で答えて良い。方向はおおよその方向を8方位から選ぶこと。また、途中の計算式も書くこと。
- (8) 花崗岩と砂岩が接している露頭がある。どういう過程で接するに至ったか、3つ以上の可能な過程を考え、どのような観察で確かめられるかをそれぞれ記入せよ。