

大学院博士前期過程（宇宙地球科学専攻・第2次募集）入試問題

小論文

(2005年11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]

以下の設問に答えよ。

(1) 質量 M_1 の星1と質量 M_2 の星2からなる系に関して、二つの星の重心のまわりの運動を考える。[1]-[6]の中に適当な式や数値を記せ。

重心を原点にとると、それぞれの位置ベクトル \vec{r}_1 、 \vec{r}_2 の間には $\vec{r}_1 = [1] \vec{r}_2$ の関係が成り立つので、星1から見た星2の位置ベクトルは $\vec{r}_2 - \vec{r}_1 = [2] \vec{r}_2$ とかける。万有引力定数を G とすると、星2に働く星1の重力 \vec{F}_{12} は $\vec{F}_{12} = [3] \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|}$ であるが、

変形すると $\vec{F}_{12} = [4] \frac{\vec{r}_2}{|\vec{r}_2|}$ とかくこともできる。これは星2の運動が、重心に質量

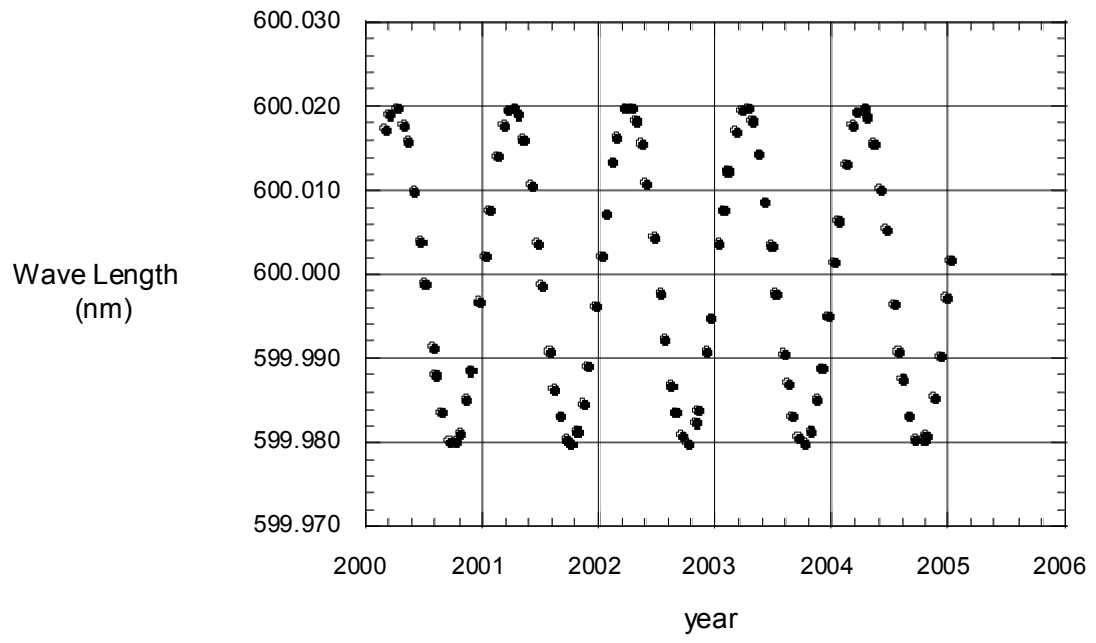
$M = [5]$ がある場合の運動と等価であることを示している。

星1、星2の重心のまわりの運動の軌道長半径を a_1 、 a_2 とすると軌道周期は $P = [6]$ とかける。

(2) ここで、星1は太陽と同じ質量の恒星で、星2は星1のまわりを回っている惑星であるとする。地球上にある望遠鏡で、星1と星2を分解して観測することはできないが、星1の発する光のスペクトルを観測した結果、波長600nm付近に吸収線が検出された。吸収線の波長の観測を2000年から約5年間にわたり続けたところ、図に示したように、ほぼ1年の周期で周期的な変化を示すことがわかった。なお、ここでは惑星の軌道面は視線方向と平行であると仮定する。

(a) この観測結果をもとに、星2（惑星）の軌道周期をほぼ1年であると結論つけてよいか。理由をつけて答えよ。

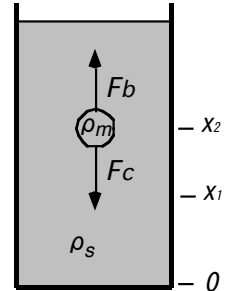
(b) (a)で軌道周期をほぼ1年であると結論つけてよいと解答した場合、この観測結果をもとに星2（惑星）の質量と軌道長半径を求める方法について式を用いて説明せよ。(a)で軌道周期をほぼ1年であると結論つけてよくないと解答した場合、正しい軌道周期を求めるためにどのような観測、あるいはデータ処理をすればよいか説明せよ。



[2]

生体分子の分子量を調べる手法について、以下の設問に答えよ。ただし、重力加速度を g とする。

- (1) 水溶液（密度 ρ_s ）中の1個の分子（質量 m 、密度 ρ_m ）は、それが水分子を排除することに起因する上向きの力（浮力）を受ける。この分子1つあたりに働く重力 F_c および浮力 F_b を求め、この分子が沈降する条件を示せ。

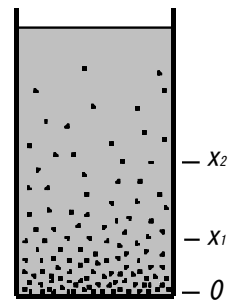


- (2) 底面からの距離が x_1 にあるこの分子を、 x_2 ($x_1 < x_2$) に移動するのに必要な仕事 W を m 、 ρ_m 、 ρ_s 、 g 、 x_1 、 x_2 を用いて表せ。ただし、(1)の沈降する条件が成り立っているとする。

十分な時間が経過した後、分子は沈降と拡散がつりあって、図のように濃度勾配を持って分布した。このとき前問で得られた仕事 W は、この分子の x_1 と x_2 での自由エネルギー差 ΔG に等しい。溶液が理想希薄溶液と見なせる場合、

$$\Delta G = k_B T \ln(C_1/C_2)$$

と表すことができるので、 ρ_m 、 ρ_s 、 x_1 、 x_2 、 T 、 C_1/C_2 を測定することにより、質量 m を求めることができる。ただし、 k_B はボルツマン定数、 T は溶液の温度、 C_1 および C_2 は位置 x_1 および x_2 での分子のモル濃度である。



- (3) 重要な生体分子であるタンパク質分子の濃度あるいは濃度比を測定する一般的な方法を一つ挙げ、原理を簡潔に説明せよ。
- (4) 生体分子の質量を測定する手法として、質量分析法がある。質量分析装置の概念図を示し、原理を簡潔に説明せよ。

[3]

磁場の大きさを測定する実験に関して以下の設問に答えよ。

- (1) 磁気モーメント M の棒磁石を、ねじれの力が無視できる細い糸でつり下げ水平に保つ。図 1 のように、棒磁石の回転面と平行に磁場 H がかけられた。棒磁石の糸のまわりの慣性モーメントを I として、棒磁石の回転の運動方程式から振動の周期 T を求めよ。
- (2) ものさし、天秤、ストップウォッチ、方位磁針、棒磁石がある。これらを用いて地磁気の水平成分の大きさを求める実験を考えてみよう。方位磁針は地磁気により南北方向を向く。これに図 2 のように棒磁石を西方向から近づけると、方位磁針は傾く。棒磁石と方位磁針の間の距離 r に比べ棒磁石の長さが十分に小さいと、棒磁石が方位磁針の位置に作る磁場の大きさ H_B は、棒磁石の磁化を m とすると $H_B = 2m/r^3$ と表せる。以上のことを考慮し、地磁気の水平成分の大きさを求める実験の手順を具体的に記せ。

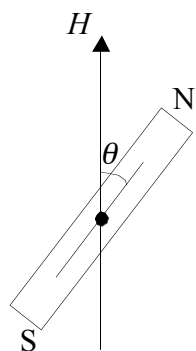


図1

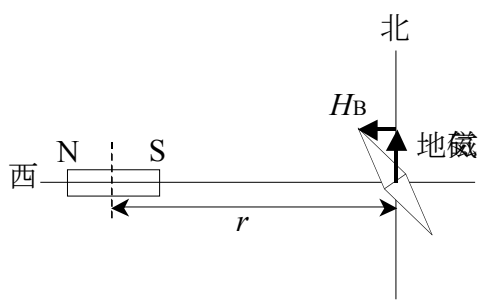


図2

- (3) (2)で行った実験と異なった原理で地磁気の大きさを測定する方法を1つあげ、その原理を説明せよ。

[4]

半径 6000 km を超える地球に対して、人が掘ることの出来る穴の深さは最大でも 12km 程度であることから、地球の 99% (体積) 以上を占めるマントルや核の様子を直接観察することはできない。地球の内部像を描くためにこれまで様々な手法が利用されてきた。

- (1) 地震観測によって得られる地球内部に関する情報について述べよ。
- (2) 地球内部の化学組成の分布を簡単に述べ、これらを決定もしくは推定するために用いられる観測事実、実験手法、理論などについて説明せよ。
- (3) 地球内部の温度分布、特に深部のそれについては今なお大きな不確かさがある。地球内部の温度分布を推定する、あるいは温度分布に制約を与える方法について、問題点も含めて論ぜよ。次のキーワードを使用してよい。

キーワード：地質学的温度圧力計、相転移、融点、放射性崩壊

[5]

微惑星の衝突と集積による原始地球形成時の地表でのエネルギー収支を考える。成長しつつある原始地球の質量、半径を m 、 r 、微惑星の衝突速度を v とし、時間 dt の間に質量 dm が集積するとする。また、万有引力定数を G とする。

- (1) 今、地表で解放されるエネルギーとして、衝突してくる微惑星の運動エネルギーだけを考える。単位時間あたりに解放されるエネルギーを数式で表せ。
- (2) 消費されるエネルギーとしては、まず衝突して集積する微惑星を加熱するのに要するエネルギーが考えられる。これ以外に考えられるものを2つ挙げよ。
- (3) 衝突して集積する微惑星を加熱するのに要する単位時間あたりのエネルギーを、原始地球の地表温度を T 、微惑星の物質の比熱を C として数式で表せ。なお、衝突してくる微惑星の温度に対して、原始地球の地表温度は十分高いとする。また、比熱 C の温度依存性は無視できるものとする。
- (4) 微惑星の衝突速度 v は、この原始地球の脱出速度に等しいものが多いと考えられる。その理由を述べよ。また、この原始地球の脱出速度を数式で表せ。
- (5) 微惑星の衝突速度 v が原始地球の脱出速度に等しいとし、地表で解放されるエネルギーのうち一定の割合 f だけが衝突して集積する微惑星（地表物質）の加熱に要するエネルギーに使われるとする。この時、原始地球の成長による地表温度の変化は半径 r の2乗に比例することを示せ。
- (6) (5) の結果はどのようなことを示唆しているか論ぜよ。