

平成15年度大学院理学系研究科地球惑星科学専攻  
修士課程入学試験問題（一般教育科目）

# 物 理

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 解答には、必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用すること。
3. 問題は全部で3問ある。3問のすべてに解答せよ。
4. 答案用紙は、各問につき1枚、合計3枚であるから、確実に配布されていることを確かめること。
5. 各答案用紙の所定欄に、科目名・問題番号・受験番号及び氏名を必ず記入すること。
6. 解答は、各問ごとに所定の答案用紙を使用すること。
7. 答案用紙は点線より切り取られるから、裏面も使用する場合には、点線の上部を使用しないこと。
8. 答案用紙には、解答に関係ない文字、記号、符号などを記入してはならない。
9. 解答できない場合でも、答案用紙に科目名・問題番号・受験番号及び氏名を記入して提出すること。
10. 答案用紙を草稿用紙に絶対使用しないこと（草稿用紙は問題より後のページにある。）

## 物理学

### 【第1問】

- (1) 図1のように質量のない長さ  $a$  の棒の1端をPに固定し、他端に質量  $M$  のおもりをつるす。これをPを含む鉛直面内で運動させる。このとき質点  $M$  の運動は点Pを中心とした円周上に束縛された振動をする。このときの円の接線方向の運動方程式を記し、 $\phi$  が微小という条件でこれを解け。なお時間  $t=0$  で  $\phi=0$  であり  $M$  の初速は  $V$  であった。
- (2) 図2のように支点Pを水平方向に保持されたバネにつなぎ左右にのみ動くことができるようにする。点PとMの運動が微小として、運動方程式を  $\xi$ 、 $\phi$  で記述せよ。なお  $\xi$  はバネの釣り合いの位置  $O$  からのずれであり、このときバネにより復元力  $-K\xi$  が点Pに作用するものとする。
- (3) (2) で作成した運動方程式から、図2の点Pの微小振動の周期を求めよ。

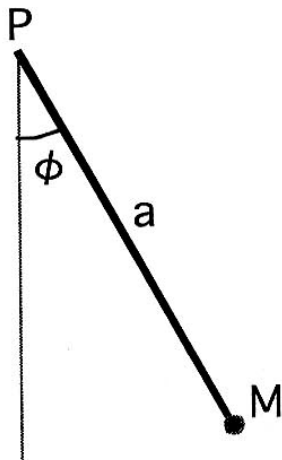


図1

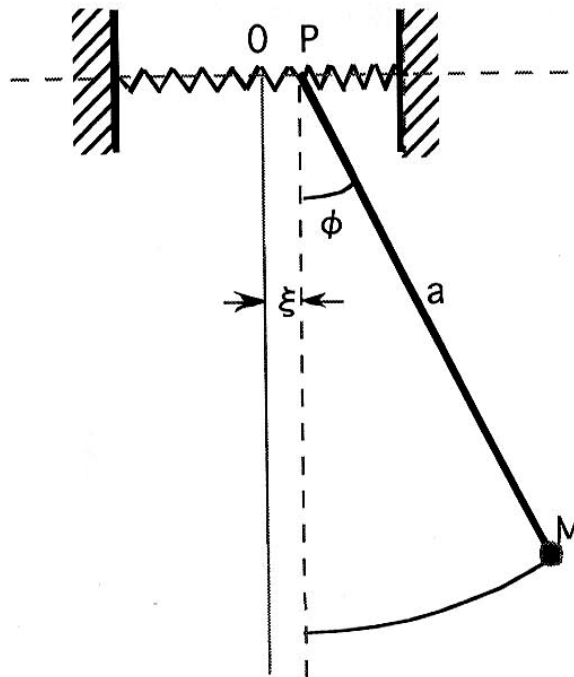


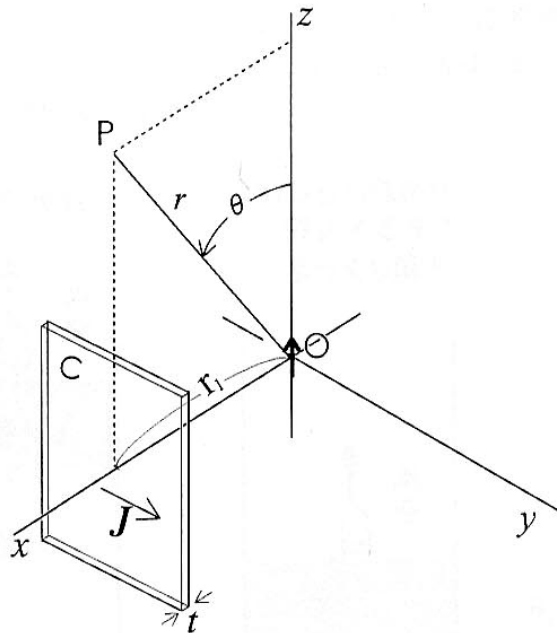
図2

# 物理学

## 【第2問】

直交座標  $(x, y, z)$  の原点  $O$  に置かれた磁気双極子が、 $z$  軸上の  $(0, 0, d/2)$  と  $(0, 0, -d/2)$  にある磁荷  $+q$  及び  $-q$  によって構成されているとし、 $O$  から十分遠い位置  $r$  の  $P$  点における磁場を考える。磁荷  $\pm q$  による磁気ポテンシャル  $\Phi$  は距離  $r$  の点においてそれぞれ、 $\Phi(r) = \frac{\pm q}{4\pi r}$  と書き表すことができる。

- (1)  $P$  点における双極子ポテンシャル  $\Phi$  を原点  $O$  からの距離  $r$  と  $r$  が  $z$  軸となす角  $\theta$  の関数として表わせ。 $(d/r)$  について1次の近似計算を行うこと。
- (2) 真空の透磁率を  $\mu_0$  として、 $P$  点における磁束密度  $\mathbf{B} = (B_r, B_\theta)$  を計算せよ。
- (3)  $O$  から距離  $r_1$  の点で  $x$  軸と直交する厚さ  $t$  ( $t \ll r_1$ ) の薄い導体板  $C$  に一様な電流密度  $\mathbf{J} = (0, j_1, 0)$  の電流を流す。
  - (a)  $\mathbf{J}$  によって生じる  $C$  の両側における磁束密度  $\mathbf{B}_1$  を  $j_1$  を使って表わせ。
  - (b)  $x$  軸上で導体板表面片側の磁束密度が0となる二つの場合について、 $j_1$  を  $q, d, r_1$  等で表わせ。そのとき、導体表面の単位面積が受ける力の大きさと方向を求めよ。



# 物 理 学

## 【第3問】

図 a のように、真空中に質量  $M$ 、断面積  $S$  のピストンによりフタをされたシリンダーがあり、その中に圧力  $P_0$ 、温度  $T_0$  の理想気体が入っている。シリンダーの壁とピストンとの間に摩擦はなく、ピストンは自由に動けるものとする。初期状態でのシリンダー内の空間の高さは  $h_0$  (したがって、気体の体積  $V$  は  $Sh_0$ )、重力加速度を  $g$ 、気体定数を  $k$ 、シリンダー内の気体のモル数を  $N$  とする。  $Mg > SP_0$  であり、ピストンが落下しないよう、ピストンの上部を手で支えているものとする。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 手で支えているピストンを静かに降下させていったとき、図 b のように気体の圧力とピストンの重さがバランスして (圧力  $P_e$ 、温度  $T_e$ )、手を離してもピストンが動かなくなるピストンの位置  $h=h_e$  を求めよ。ただし、ピストンを動かしている間、気体は準静的に断熱圧縮されるものとし、 $C_p$ 、 $C_v$  をそれぞれ気体の定圧比熱、定積比熱、 $\gamma = C_p/C_v$  として、気体の圧力と体積 ( $V=Sh$ ) との間に、 $PV^\gamma = \text{一定}$  の関係があるものとする。
- (2) (1)において、ピストンを  $h=h_0$  から  $h=h_e$  まで降下させる間に、手が行った仕事の量、および、気体の内部エネルギーの増加量を求めよ。ただし、この操作の間、重力に対する気体の位置エネルギーの変化は無視できるものとする。
- (3)  $h=h_e$  の状態において、シリンダーの底に温度  $T_e$  の恒温熱源を接し、図 c のように気体を準静的に等温膨張させてピストンを元の高さ  $h=h_0$  まで引き上げる。この間の気体のエントロピーの増加量を求めよ。

