物　　　　理

第１問　図１のように，鉛直方向に立っているなめらかな壁から距離Lの支点Oに，長さ$2L$の糸を結びつけ，その先に質量mの小球をつけておく。糸の質量や小球の大きさは無視でき，空気抵抗や支点での摩擦はないものとする。重力加速度をgとして以下の設問に答えよ。

I　この小球を，糸をピンと張った状態で水平に近い角度でA点から静かにはなすと，糸がまっすぐに伸びた状態で運動し，小球は壁のB点に速さvで衝突した。壁ではねかえった小球は，糸がたるんだ状態で放物運動し，もっとも高く上がった地点Cは，支点Oの真下の方向にあった。ただし，壁との衝突は完全弾性衝突とは限らない。

(1)　衝突直後における小球の速度の鉛直方向成分の大きさはどれだけか。

(2)　もっとも高く上がった地点Cと衝突点Bとの高低差はどれだけか。

(3)　衝突直後から再び糸がピンと張る状態になる瞬間までの時間を答えよ。

(4)　衝突直後における小球の速度の水平方向成分の大きさを，g，L，vを用いて表せ。

(5)　はじめに小球をはなした位置Aと衝突点Bとの高低差はhであった。壁のはねかえり係数（反発係数）を，Lおよびhを用いて表せ。

II　前問の糸を，質量の無視できる長さ$2L$の変形しない棒に取りかえて，B点からの高低差がdの地点から小球を静かにはなすと，小球はB点で壁に衝突した。

(1)　衝突を完全弾性衝突であるとして，衝突の瞬間に小球が受けた力積の大きさを求めよ。

(2)　前問の力積のうち，壁から受けた分の大きさはどれだけか。

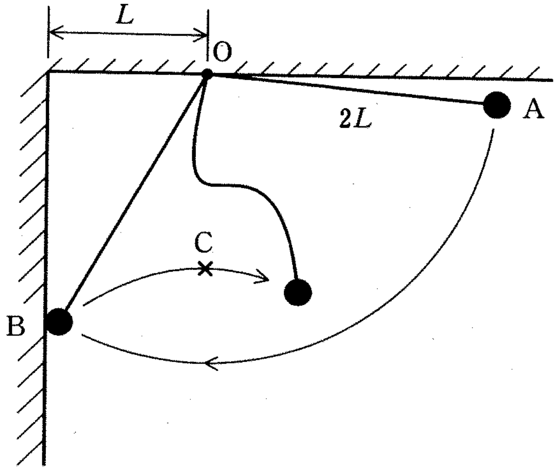

図 1

第 2 問　図 2―1 のように，一辺の長さが L の正方形導線が，磁場中を，鉛直上向きにとった z 軸に沿って原点に向かって落下している。この磁場（磁束密度）$\overrightarrow{B}$ の x 成分と z 成分は，それぞれ，$B_x = -Cx$，$B_z = Cz$（C は正の定数）で与えられる。y 成分は 0 である。正方形の面は，xy 平面に平行で，各辺は x 軸または y 軸に平行であり，正方形の中心は z 軸上にある。導線は変形しない。導線の質量を m，電気抵抗を R とし，導線の太さは無視できるものとする。また，この実験は，真空中で行うものとする。このとき，以下の設問に答えよ。

I　落下する導線中には，ファラデーの電磁誘導の法則に従って，誘導起電力が発生し，誘導電流が流れる。

(1)　導線が z の位置にあるとき，導線を貫く磁束 Φ が，$\Phi = L^2 B_z = L^2 Cz$ で与えられることに注意し，誘導電流の向きとして正しいものを，次の(a)，(b)のうちから選び，かつ，その理由を述べよ。

(a)　正方形を上から見て時計まわり

(b)　正方形を上から見て反時計まわり

(2)　導線が z の位置にあるときの落下速度の大きさを v とするとき，導線中に生じる誘導起電力の大きさ V と誘導電流の大きさ I を求めよ。

II　電流が磁場 $\overrightarrow{B}$ から受ける力は，磁場の x 成分と z 成分（図 2―2 参照）のそれぞれから受ける力の和として表すことができる。以下の設問では，誘導電流のつくる磁場は無視してよい。

(1)　誘導電流と $B_x = -Cx$ によって，導線全体が受ける力 $\overrightarrow{F}$ の大きさを求めよ。

(2)　誘導電流と $B_z = Cz$ によって，導線全体が受ける力 $\overrightarrow{G}$ の大きさを求めよ。

III　十分に大きな z の位置から落下させた導線の落下速度の大きさは，やがて，ある値 v_f で一定となる。

(1)　v_f を求めよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。

(2)　導線の落下速度が v_f に達した状態において，導線の失う位置エネルギーは何に変わるか，簡潔に述べよ。

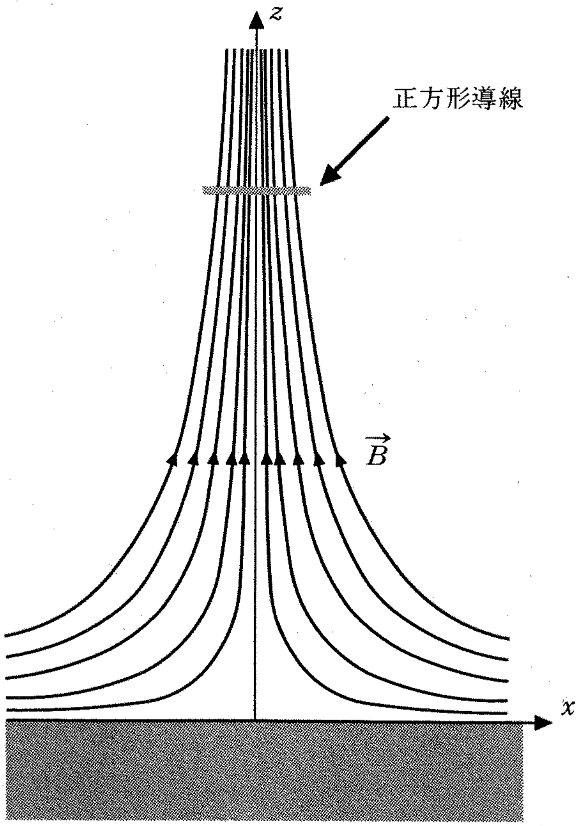

図２－１

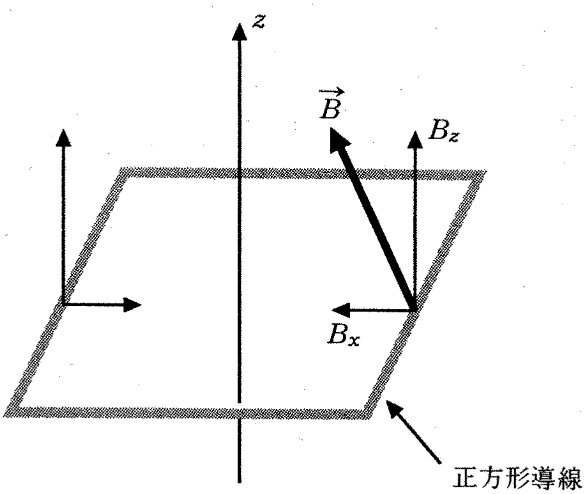

図２－２

第 3 問　図 3―1 はヤングの干渉実験を示したものである。電球 V はフィルター F で囲まれていて，赤い光（波長 λ）だけを透過するようにしてある。電球 V から出た光はスクリーン A 上のスリット S_0，およびスクリーン B 上の複スリット S_1，S_2 を通ってスクリーン C 上に干渉縞をつくる。スクリーン A，B，C は互いに平行で，AB 間の距離は L，BC 間の距離は R である。S_1 と S_2 のスリット間距離は d とし，S_1S_2 の垂直 2 等分線がスクリーン A と交わる点を M，スクリーン C と交わる点を O とする。また，スクリーン C 上の座標軸 x を，O を原点として図 3―1 のようにとる。このとき以下の設問に答えよ。必要に応じて，整数を表す記号として m，n を用いよ。

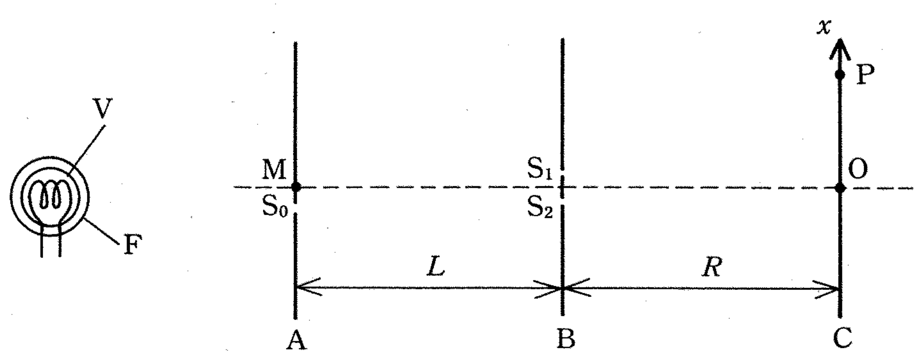

図 3―1

I　スリット S_0 が M の位置にある場合を考える。干渉縞の明線および暗線が現れる x 座標の値をそれぞれ示せ。ただし，スクリーン上の点を P とするとき，S_1 と P との距離を $\overline{S_1P}$ などと表すと，

$$(\overline{S_1P} - \overline{S_2P})(\overline{S_1P} + \overline{S_2P}) = \overline{S_1P}^2 - \overline{S_2P}^2$$

が成り立つことを利用し，$\overline{OP}$，d が R と比べて十分小さいとして，

$$\overline{S_1P} + \overline{S_2P} \fallingdotseq 2R$$

としてよい。

II　スクリーン A を取り除くと，スクリーン C 上の干渉縞は消失した。その理由を簡潔に述べよ。

III　スクリーンA上のスリットS_0を，Mから下側方向にhだけわずかにずらした。このとき，スクリーンC上で干渉縞の明線が現れるx座標の値を求めよ。ただし，hはLに比べて十分小さいとする。

IV　問IIIの状態のとき，スクリーンC上に現れる干渉縞の明線の位置は図3―2(a)のようであった。この結果からS_0の位置hを測定したい。ところが図3―2(a)だけからでは，どの干渉縞の明線がどのような干渉によって生じているかがわからない。そこで，フィルターFを交換して，緑の光（波長λ'）だけを透過するようにした。そのとき，スクリーンC上に現れる干渉縞の明線の位置は図3―2(b)のようになった。図3―2(a)で，x方向で原点にもっとも近い明線の位置をx_0とするとき，hをx_0を用いて表せ。

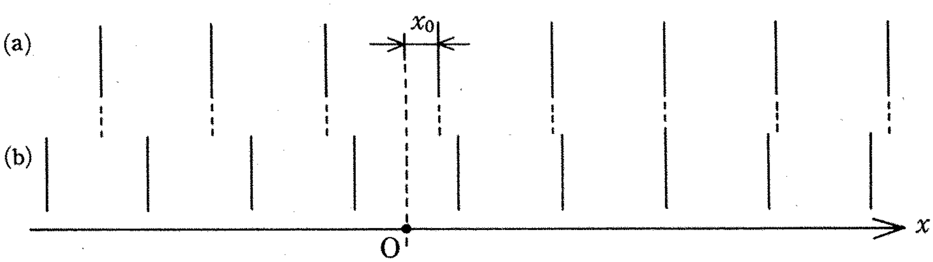

図3―2

V　問IIIの状態でスクリーンA上にもう一つのスリットS_0'を開ける。S_0'の位置はS_1S_2の垂直二等分線に対してS_0と対称な位置とする。このとき，スクリーンC上の干渉縞の明暗がもっとも明瞭となるときのhの値を求めよ。