理科研究 (52、54) (2014 年度春学期) (物理分野)
最終テスト

1. x 軸を水平方向、 z 軸を鉛直上向きにとり、 $x-z$ 平面内での放物運動を考える。空気抵抗を無視すると、時刻 $t=0$ に原点から初速度 (u_0, w_0) ($u_0 > 0$ 、 $w_0 > 0$) で投げ出された物体の位置 (x, z) は、

$$x = u_0 t \quad \text{①}$$

$$z = w_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \text{②}$$

と書ける。ただし、 g は重力加速度である。このとき、以下の問いに答えよ。計算過程を示すこと。

(1) 物体が最高点に達する時刻を求めよ。

(2) 最高点の高さを求めよ。

(3) ②に $z=0$ を代入することによって、滞空時間 (高度が再びゼロになるまでにかかる時間) を求めよ。

(4) 飛距離を求めよ。

(5) $(u_0, w_0) = (V \cos \theta, V \sin \theta)$ (V は定数、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$) としたとき、飛距離が最大となる角度 θ を求めよ。

2. 振り子の運動についての数値シミュレーションを行なう。重力加速度を g 、ひもの長さを L 、振り子の変位を x とすると、運動方程式は、

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g \sin \frac{x}{L} \quad \text{①}$$

と書ける。①で記述される振り子の運動を予測するためには、リープフロッグ法を用いて、

$$x^+ = x^- + 2u\Delta t \quad \text{②}$$

$$u^+ = u^- + 2\left(-g \sin \frac{x}{L}\right)\Delta t \quad \text{③}$$

とすればよい。 u は振り子の速度、 Δt は時間間隔、 f^- (f^+) は Δt だけ前 (後) の f の値である。ただし、初期時刻 $t = 0$ における値から次の時刻 $t = \Delta t$ における値を求めるときには、オイラー法を用いて、

$$x^+ = x + u\Delta t \quad \text{④}$$

$$u^+ = u + \left(-g \sin \frac{x}{L}\right)\Delta t \quad \text{⑤}$$

とする。初期条件は、 $t = 0$ で $u = 0$ 、 $x = L\theta_0$ とする。以上の処理を行なうために、プログラミング言語 C で次のページのようなプログラムを作成した。このプログラムについて、以下の問いに答えよ。

(1) ～ に入る変数を答えよ。

(2) 、 に入る変数を答えよ。

(3) に入る数値を答えよ。

(4) 初回のみリープフロッグ法を用いない理由を答えよ。

```

#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main (void)
{

    int i;
    float g, L, theta, x, u, xminus, uminus, xplus, uplus,
          dxdt, dudt, t;          /* 変数を宣言する。*/
    FILE *fp;

    g = 9.8;                      /* 重力加速度の値を代入する。*/

    printf ("Length [m], angle [deg. ]?\n");
    scanf ("%f,%f", &L, &theta); /* 実験条件を入力する。*/

    x = L * 3.14159 / 180.0 * theta; /* xの初期値を代入する。*/
    u = 0.0;                       /* uの初期値を代入する。*/

    fp = fopen ("output.txt", "w"); /* 出力ファイルを開く。*/
    fprintf (fp, "%9.3f %9.3f\n", 0.0, theta);
                                          /* 結果をファイルに出力する。*/

    for (i=1; i<=1000; i++)          /* 同じ処理を 1000 回繰り返す。*/
    {

        dxdt = ; /* xの時間微分を計算する。*/
        dudt = - * sin (/); /* uの時間微分を計算する。*/

        if (i == 1)                  /* 次の時刻(0.01 秒後)の値を */
        {                             /* 計算する。*/

            xplus = x + 0.01 * dxdt; /* 初回だけオイラー法を */
            uplus = u + 0.01 * dudt; /* 用いる。*/
        }
    }
}

```

```

}else{

    xplus =  +  * 0.01 * dxdt;
    uplus =  +  * 0.01 * dudt;
                                                    /* 2回目以降はリープフロッツ */
                                                    /*   グ法を用いる。*/

}

xminus = x;                                     /* 次の時刻に進むために */
uminus = u;                                     /*   f を f^-に代入する。*/

x = xplus;                                       /* 次の時刻に進むために */
u = uplus;                                       /*   f^+を f に代入する。*/

t = 0.01 * i;                                    /* 経過時間を計算する。*/
theta = 180.0 / 3.14159 * x / L;                /* 角度を計算する。*/

fprintf (fp, "%9.3f %9.3f\n", t, theta);
                                                    /* 結果をファイルに出力する。*/

}

fclose (fp);                                     /* 出力ファイルを閉じる。*/
return 0;

}

```