

# 一週目の課題

## 調和振動子と減衰振動

ファイル置き場 <http://www.tmd.ac.jp/artsci/physics/ikuzak/lecture/>

## 準備

デスクトップにフォルダ「week1」を作成し、「1週目の資料」をダウンロードし保存せよ。これを見ながら実験を進めること。



「tashizan」をダウンロードし保存せよ。うまく保存できると赤いアイコンで表示される。それを(ダブルクリック等で)pcpadで開き、コンパイル&実行してみよう(F8ボタン)。実はこのプログラムには誤りがあり、そのままでは実行できない。エラーメッセージを参考に修正し、実行してみよう。

## 運動方程式の解き方(一般論)

$$\text{速度の定義} \quad \frac{dx}{dt} = v \quad \text{時刻} t_0 \text{での位置} : x_0$$

$$\text{運動方程式} \quad \frac{dv}{dt} = \frac{F(t, x, v)}{m} \quad \text{時刻} t_0 \text{での速度} : v_0$$

時刻  $t_1 = t_0 + \Delta t$  での位置  $x_1$ , 速度  $v_1$  は?

$$t_1 = t_0 + \Delta t$$

$$x_1 = x_0 + v_0 \Delta t \quad (t_0, x_0, v_0) \Rightarrow (t_1, x_1, v_1)$$

$$v_1 = v_0 + \frac{F(t_0, x_0, v_0)}{m} \Delta t$$

時刻  $t_2 = t_1 + \Delta t$  での位置  $x_2$ , 速度  $v_2$  は?

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

$$x_2 = x_1 + v_1 \Delta t \quad (t_1, x_1, v_1) \Rightarrow (t_2, x_2, v_2)$$

$$v_2 = v_1 + \frac{F(t_1, x_1, v_1)}{m} \Delta t$$

これを繰り返す ( $\Delta t$  が小さいほど良い近似だが, 計算機の負担が増す.)

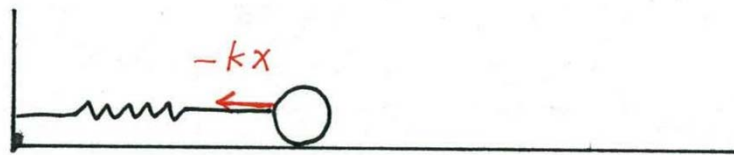
## 課題10

バネ振り子の場合  $F(t,x,v)=-kx$  である(フックの法則). 質量  $m$  [kg]の物体をバネ定数  $k$  [N/m]のバネにつなぎ, 釣り合い位置から  $x_0=1$  [m]伸ばしてそっと手を離す. 時刻  $t$  における物体の位置  $x(t)$  や速度  $v(t)$  を計算してみよう.

tashizan をコピーして, 「kadai10」というファイルを作成せよ. それをダブルクリックして pcpad で開き, 後述のサンプルプログラムを入力せよ.

**ファイル名に注意!** 全角文字やカッコは避け, 半角英数 (a~z, 0~9) のみで作るのが安全.  
悪い例: 「課題10」「kadai10(2)」

$m$  と  $k$  は次のように決める. 例えば3月2日生まれなら,  $m=1+0.03=1.03$ ,  $k=1-0.02=0.98$ . プログラム中の  $m:=1$  や  $k:=1$  を書き換えよ.



(1) これを実行する.  $t$  の値を入力すると, その時刻での位置  $x(t)$  と速度  $v(t)$  が出力される. 時刻  $t=0, 0.5, \dots 9.5, 10.0$  における  $x(t), v(t)$  を実験ノートにメモせよ.

(2) グラフ用紙に  $x(t)$  を手書きでプロットせよ. データ点を白丸(○)で示すこと.

(3) (1)(2)のデータおよびグラフをExcelなどにより電子化せよ.

(4) 摩擦の無いときのバネ振り子の運動は

$$x(t)=x_0 \cos [(k/m)^{1/2} t]$$

$$v(t)= -(k/m)^{1/2} x_0 \sin [(k/m)^{1/2} t]$$

で与えられることが判っている. 電卓などで時刻  $t=0, 0.5, 1, \dots 9.5, 10.0$  におけるこの値を計算し, (2)または(3)のグラフに重ねて, クロス(×)でプロットせよ.

## kadai10 の中身

```
program banefuriko;
var
m,k,t,v,x,tmax,dt: real;
begin
write('t=? '); readln(tmax);
dt:=0.001;
m:=1.0; k:=1.0;
t:=0.0; v:=0.0; x:=1.0;
while t<tmax do
begin
t:=t+dt;
x:=x+v*dt;
v:=v-k*x/m*dt;
end;
writeln('x(t)=',x:8:4);
writeln('v(t)=',v:8:4);
end.
```

‘ ’ はシフト+数字の7

\* は掛け算(+の隣のキー)

←変数の宣言

←画面に t=? と表示, 時刻を読む

←色々な値の設定

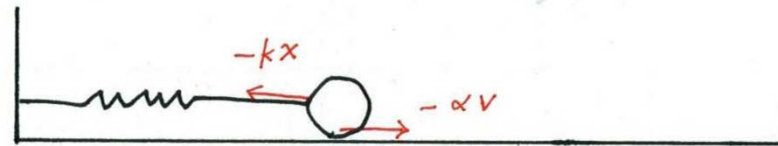
←繰り返し部分(ループ)  
時刻がtmaxに達したら  
抜ける

←画面に結果を表示

## 課題15

摩擦がある場合の力は  $F(t,x,v) = -kx - \alpha v$  である ( $\alpha$ はギリシャ文字アルファ alpha). 課題10と同様に, 錘の位置  $x(t)$  や速度  $v(t)$  を計算してみよう.

「kadai10」をコピーして, 同じフォルダ内に「kadai15」を作成せよ. それを(ダブルクリック等で)pcpadで開き, サンプルを参照しつつ修正せよ.  $m$ と $k$ は, 課題10と同じ値を用いること.



## 課題15

- (1)  $\alpha=0.5$  とする. 時刻  $t=0, 0.5, 1, \dots, 9.5, 10.0$  における  $x(t), v(t)$  を**実験ノートにメモ**する. 課題10のグラフに重ねて **$x(t)$ を手書きでプロット**せよ. データ点を三角( $\Delta$ )で示すこと. この運動を減衰振動とよぶ.
- (2)  $\alpha=5$  と書き換えて(1)の作業を再実行せよ. データ点を四角( $\square$ )で示すこと. この運動を過減衰とよぶ.
- (3) (1)(2)のデータおよびグラフをExcelなどにより電子化せよ.
- (4) 時刻  $t$  における全エネルギーは  $E(t)=mv^2/2 + kx^2/2$  で与えられる(質量×速度の2乗 + バネ定数×位置の2乗). 電卓などで時刻  $t=0, 0.5, 1, \dots, 9.5, 10.0$  におけるエネルギーを計算し, 別のグラフ用紙に, エネルギー  $E(t)$  を時間の関数としてプロットせよ. 摩擦なしの場合の結果を丸( $\circ$ ),  $\alpha=0.5$ の結果を三角( $\Delta$ ),  $\alpha=5$ の結果を四角( $\square$ )で示すこと.



## kadai15 の中身

```
program gensui;
var
m,k,t,v,x,tmax,dt,alpha: real;
begin
write('t=? '); readln(tmax);
dt:=0.001; alpha:=0.5;
m:=1.0; k:=1.0;
t:=0.0; v:=0.0; x:=1.0;
while t<tmax do
begin
t:=t+dt;
x:=x+v*dt;
v:=  ;
end;
writeln('x(t)=',x:8:4);
writeln('v(t)=',v:8:4);
end.
```

←自分で考えよう

## 課題の進め方

課題10(1)(2)→課題15(1)(2)→課題10(3)(4)→課題15(3)(4)

の順に進めて下さい。

赤字部分は本日中に必ず終わらせること。

緑字部分は自宅でもできるので宿題として良い。

## レポートに必要な事柄

- 誕生日および  $m, k$  の値
- $x(t)$  の数値データとグラフ
- $v(t)$  の数値データとグラフ
- $E(t)$  の数値データとグラフ

電子化したグラフがあれば、手書きのものは添付しなくてよい  
それぞれのグラフに4本の曲線 ( $\alpha=0, 0.5, 5, \text{厳密解}$ )

- 考察, 感想など

