

二週目の課題

斜方投射運動

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

運動方程式の解き方(二次元の場合)

変数が x, v から x, y, v_x, v_y に増えるだけで、基本方針は同じ。

速度の定義 $\frac{dx}{dt} = v_x, \frac{dy}{dt} = v_y$

時刻 t_0 での位置： x_0, y_0

運動方程式 $\frac{dv_x}{dt} = \frac{F_x(t, x, y, v_x, v_y)}{m}, \frac{dv_y}{dt} = \frac{F_y(t, x, y, v_x, v_y)}{m}$

時刻 t_0 での速度： v_{x0}, v_{y0}

時刻 $t_1 = t_0 + \Delta t$ での位置 x_1, y_1 速度 v_{x1}, v_{y1} は？

$$t_1 = t_0 + \Delta t$$

$$x_1 = x_0 + v_{x0} \Delta t$$

$$y_1 = y_0 + v_{y0} \Delta t$$

$$(t_0, x_0, y_0, v_{x0}, v_{y0}) \Rightarrow (t_1, x_1, y_1, v_{x1}, v_{y1})$$

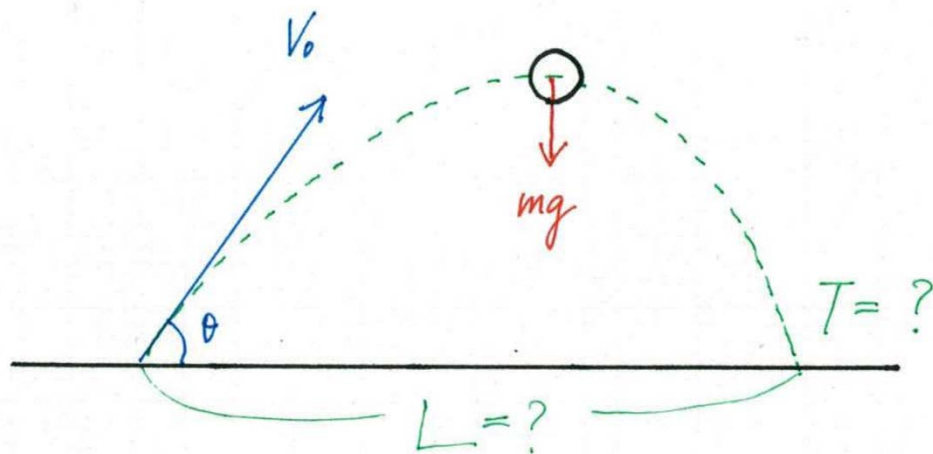
$$v_{x1} = v_{x0} + \frac{F_x(t_0, x_0, y_0, v_{x0}, v_{y0})}{m} \Delta t$$

$$v_{y1} = v_{y0} + \frac{F_y(t_0, x_0, y_0, v_{x0}, v_{y0})}{m} \Delta t$$

これを繰り返す (Δt が小さいほど良い近似だが、計算機の負担が増す.)

課題20

質量 m [kg] の物体を、地面から初速度 V_0 [m/s], 投射角 θ [度] で投げ上げる (ギリシャ文字 θ)。物体が再び地面に落下する時刻 T や水平到達距離 L を計算してみよう。



物体にはたらく力は

$$\vec{F} = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -mg \end{pmatrix}$$

$$x_1 = x_0 + v_{x0} \Delta t$$

$$y_1 = y_0 + v_{y0} \Delta t$$

$$v_{x1} = v_{x0}$$

$$v_{y1} = v_{y0} - g \Delta t$$

デスクトップにフォルダ「week2」を作成し、ファイル「kadai20」を作成せよ。サンプルプログラムを入力せよ。

m と V_0 は次のように決める。例えば3月2日生まれなら、 $m=1+0.03 = 1.03$, $V_0=10-0.02=9.98$ 。プログラム中の $m:=1$ や $V0:=10$ を書き換えよ。

(1) これを実行する。 θ を入力すると、到達距離 L と落下時刻 T が出力される。投射角 $\theta=0, 3, 6, \dots, 84, 87, 90$ [度] の場合の $L(\theta)$, $T(\theta)$ を実験ノートにメモせよ。

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

(3) データおよびグラフをExcelなどにより電子化せよ。

(4) 空気抵抗の無い場合には $L(\theta)=(V_0^2/g)\sin 2\theta$, $T(\theta)=(2V_0/g)\sin\theta$ で与えられることがわかっている。電卓などで投射角 $\theta=0, 3, \dots, 87, 90$ 度におけるこの値を計算し、(2)のグラフに重ねて、クロス(×)でプロットせよ。

kadai20 の中身

```
program shahou;
var
t,x,y,vx,vy:real;
V0,theta,m,g,dt:real;
begin
write('theta=? ');readln(theta);
theta:=theta*3.141592/180;
m:=1; V0:=10; g:=9.8; dt:=0.00001;
t:=0.0; x:=0.0; y:=0.0;
vx:=V0*cos(theta); vy:=V0*sin(theta);
while y>=0.0 do
begin
t:=t+dt;
vx:=vx;
vy:=vy-g*dt;
x:=x+vx*dt;
y:=y+vy*dt;
end;
writeln('kyori= ',x:8:4,'[m]');
writeln('jikan= ',t:8:4,'[s]');
end.
```

← 変数宣言

← θ (theta)を画面から読み込み、度→ラジアン

← 初期値(t=0での値)設定

← 繰り返し部分(ループ)
y座標が負になったら抜ける

← ループを抜けた際の x, t を出力

課題25

課題20を、空気抵抗がある場合に拡張してみよう。

物体にはたらく力は

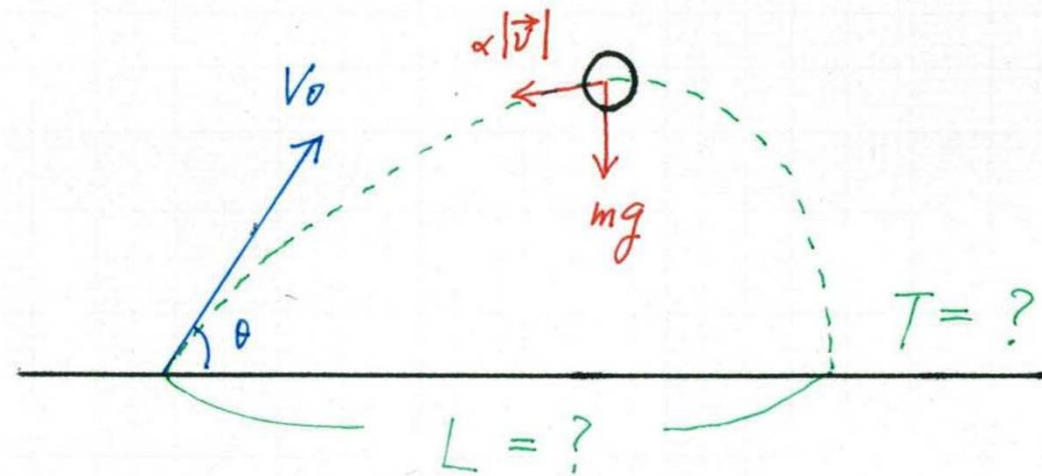
$$\vec{F} = \begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -mg \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\alpha v_x \\ -\alpha v_y \end{pmatrix}$$

$$x_1 = x_0 + v_{x0} \Delta t$$

$$y_1 = y_0 + v_{y0} \Delta t$$

$$v_{x1} = v_{x0} - (\alpha v_{x0} / m) \Delta t$$

$$v_{y1} = v_{y0} - (g + \alpha v_{y0} / m) \Delta t$$



「kadai20」をコピーして「kadai25」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。

- (1) $\alpha=0.5$ とする。投射角 $\theta=0, 3, \dots, 87, 90$ [度] の場合の $L(\theta), T(\theta)$ を**実験ノートにメモ**せよ。課題20と同じグラフ用紙に $L(t)$ を**手書きでプロット**せよ。データ点を三角(Δ)で示すこと。
- (2) $\alpha=1$ として(1)の作業を再実行せよ。データ点は四角(\square)で示すこと。
- (3) データおよびグラフを Excel などにより電子化せよ。

kadai25 の中身

```
program shahou2;
var
t,x,y,vx,vy:real;
V0,theta,m,alpha,g,dt:real;
begin
write('theta=? ');readln(theta);
theta:=theta*3.14159265/180;
m:=1; V0:=10; alpha:=0.5; g:=9.8; dt:=0.00001;
t:=0.0; x:=0.0; y:=0.0;
vx:=V0*cos(theta); vy:=V0*sin(theta);
while y>=0.0 do
begin
t:=t+dt;
vx:=;
vy:=;
x:=x+vx*dt;
y:=y+vy*dt;
end;
writeln('kyori= ',x:8:4,'[m]');
writeln('jikan= ',t:8:4,'[s]');
end.
```

←自分で考えよう

課題30

物体の軌道を描くプログラムに変更する.

「kadai25」をコピーして「kadai30」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. $dt=0.01$ とすること(出力ファイルサイズを抑えるため)

このプログラムを実行すると, **kadai30** と同じフォルダに **kidou** というテキストファイルができる. ダブルクリックしてメモ帳で開き, 中身を確認してみよう.

このプログラムの結果は常に **kidou** という名前で出力され, 前回のファイルを上書きしてしまう. 毎回ファイル名 **kidou** を適当に適宜変えること(例: **theta_45_alpha_0p5**).

(1) 投射角を適当に定め(例:45度), $\alpha=0, 0.5, 1.0$ に対する計算結果を**別々のファイル名で保存する**.

(2) Excel などによりグラフを描く. 3種類を重ねて描くこと.

kadai30 の中身

```
program shahou3;
var
df:text;
t,x,y,vx,vy:real;
V0,theta,m,alpha,g,dt:real;
begin
assign(df,'kidou.txt');rewrite(df);
write('theta=? ');readln(theta);
write('alpha=? ');readln(alpha);
theta:=theta*3.14159265/180;
m:=1; V0:=10; g:=9.8; dt:=0.01;
t:=0.0; x:=0.0; y:=0.0;
vx:=V0*cos(theta); vy:=V0*sin(theta);
while y>=0.0 do
begin
writeln(df, x:8:4, y:8:4);
t:=t+dt;
vx:=
vy:=
x:=x+vx*dt;
y:=y+vy*dt;
end;
close(df);
writeln('kyori= ',x:8:4,'[m]');
writeln('jikan= ',t:8:4,'[s]');
end.
```

← **alpha:=0.5**などを忘れず消去

← **忘れずに**

課題の進め方

課題20(1)(2)→課題25(1)(2)→課題30(1)→課題20(3)(4)→課題25(3)→課題30(2)

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, V_0 の値

- $L(\theta)$ の数値データとグラフ

- $T(\theta)$ 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 ($\alpha=0, 0.5, 1$, 厳密解)

- 軌道のグラフ (数値データは膨大なのでレポートに **含めないこと**)

3本の曲線 ($\alpha=0, 0.5, 1$)

- 考察, 感想など

