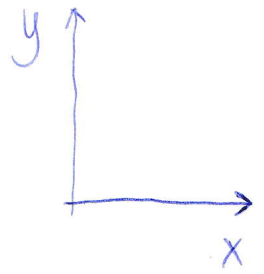
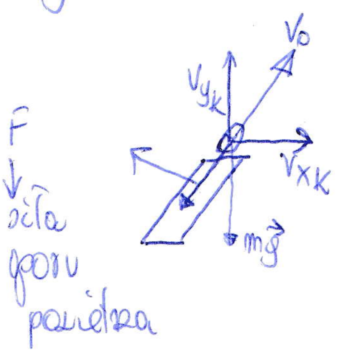
# Projekt Nr. 10 Jakub Mroczkowski




$v_{wiatru} = v_0 \sin(t)$

$\vec{v}_{wiatru} = \vec{v}_w \qquad \vec{v}_k = \vec{v}_{kulki}$

$\vec{v}_{względna} = \vec{v}_{wzg}$

$$\vec{v}_w = \left[-v_0 \sin(t), 0\right]$$

$$\vec{g} = \left[0, -mg\right]$$

$$F = \frac{\rho v^2 S C}{2}$$

$$\vec{v}_{wzg} = \vec{v}_k - \vec{v}_w = \left[v_{xk} - (-v_0 \sin(t)), v_{yk}\right]$$

Wyznaczam wersor

$$\vec{e}_v = \frac{\vec{v}_{wzg}}{||\vec{v}_{wzg}||} = \left[\frac{v_{xk} + v_0 \sin(t)}{\sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2}}, \frac{v_{yk}}{\sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2}}\right]$$

$$\vec{F} = -\vec{e}_v F = \left[-\frac{v_{xk} + v_0 \sin(t)}{\sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2}} \cdot \frac{\rho\left(\sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2}\right)^2 S C}{2}, -\frac{v_{yk}}{\sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2}} \cdot \frac{\rho\left(\sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2}\right) S C}{2}\right]$$

po usunięciu niewymierności otrzymamy

$$\vec{F} = \left[-(v_{xk} + v_0 \sin(t)) \cdot \sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C, -(v_{yk})\sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2}\,\frac{\rho S C}{2}\right]$$

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -(v_{xk} + v_0 \sin(t)) \cdot \sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2} \cdot \frac{1}{2} \rho S C \\ m\ddot{y} = -mg - (v_{yk}) \cdot \sqrt{(v_{xk}+v_0\sin(t))^2 + v_{yk}^2} \cdot \frac{1}{2} \rho S C \end{cases} \qquad \begin{cases} \dot{x} = v_{xk} \\ \dot{y} = v_{yk} \end{cases}$$

$z_1(t) = x(t)$

$z_2(t) = x'(t)$

$z_3(t) = y(t)$

$z_4(t) = y'(t)$

$V_0 \rightarrow$ prędkość startowa zadana z klawiatury

$\varphi \rightarrow$ kąt pod jakim zaczyna swój lot kulka zadana z klawiatury

$C \rightarrow$ opór współczynnik przyjęty jako $\frac{3}{2}$

$S \rightarrow$ powierzchnia odniesienia przyjęta jako $S = \pi \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2$

$p \rightarrow$ gęstość przyjęta powietrza przyjęta jako 1,2

$g \rightarrow$ przyśpieszenie ziemskie 9,81

$m \rightarrow$ masa kulki przyjęta z klawiatury

$$\begin{cases} z_1' = z_2 \\ z_2' = -\frac{1}{m}\left(z_2 + v_0 \sin(t)\right) \cdot \sqrt{\left(z_2 + v_0 \sin(t)\right)^2 + z_4^2} \cdot \frac{1}{2} p S C \\ z_3' = z_4 \\ z_4' = -g - \frac{1}{m} \cdot z_4 \cdot \sqrt{\left(z_2 + v_0 \sin(t)\right)^2 + z_4^2} \cdot \frac{1}{2} p S C \end{cases}$$

$z_1(0) = 0$

$z_2(0) = v_0 \cos\varphi$

$z_3(0) = 0$

$z_4(0) = v_0 \sin\varphi$

$$F[t, z(t)] \equiv \begin{cases} f_1(t, z_1, \ldots, z_4) = z_2 \\ f_2(t, z_1, \ldots, z_4) = -\frac{1}{m}\left(z_2 + v_0 \sin(t)\right) \cdot \sqrt{\left(z_2 + v_0 \sin(t)\right)^2 + z_4^2} \cdot \frac{1}{2} p S C \\ f_3(t, z_1, \ldots, z_4) = z_4 \\ f_4(t, z_1, \ldots, z_4) = -g - \frac{1}{m} \cdot z_4 \cdot \sqrt{\left(z_2 + v_0 \sin(t)\right)^2 + z_4^2} \cdot \frac{1}{2} p S C \end{cases}$$

Kod: Postaram się, jak najkrócej wyjaśnić działanie programu

Na początku deklaruje zmienne globalne: pi (aby uzyskać dokładną wartość używam arctg(1))

Ro - gęstość powietrza

S → powierzchnia odniesienia

C - stały współczynnik

```
double pi=atan(1.)*4, g=9.81 ,  Ro=1.2,vo,m;
double C = 1.5, S = pi*0.5*0.5;
void prawastrona(double t, double *x, double *dx);


      void main()
      {

            double alfa;
```

→ kąt pod jakim wystrzelono kulkę

```
            printf("Prosze podac predkosc oraz kat  pod jakim wylatuja
kula:\n");
            scanf("%lf %lf" , &vo ,&alfa);
```

→ wprowadzenie kąta oraz prędkości początkowej

```
            printf("Prosze podac mase kulki:\n");
            scanf("%lf" , &m);
```

→ wprowadzenie masy kulki

```
            double x[4] = { 0, vo * cos(alfa*(pi/180)) ,
0,vo*sin(alfa*(pi/180))};
```

deklaracja tablicy zmiennych zależnych startowe

```
            double xkol[4], h = 0.005, r;
```

xkol → dokładna wartość zmiennej zależnej w punkcie $x_0+h$

```
            double groundtouch;
            groundtouch = -0.0001;
```

zmienna pozwalająca z dużą dokładnością otrzymać piłkę w momencie kontaktu z ziemią

```
            int i;
            FILE *fp = fopen("wyniki.txt", "w");
            double t=0.0;
```

→ czas start

```
            double tk=4;
```

→ czas koniec

```
            graphics(800, 800);
```

→ okno graficzne, dla animacji lotu

```
            fprintf(fp, "%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n", t, x[0], x[1], x[2],
x[3]);
```

→ zapis początkowych wyników

```
            while  (t <= tk && x[2]>=groundtouch )
            {
```

→ użyciem pętli while, gdzie warunki końca określiłem poprzez czas końcowy oraz moment dotknięcia ziemi

```
                  vrk4(t, x, h, 4 , prawastrona, xkol);
                  for (i = 0; i < 4; i++)
                  {
                        x[i] = xkol[i];
                  }
```

pętla na zapis kolejnych wyników

```
                  t = t+ h;
                  fprintf(fp, "%lf\t%lf\t%lf\t%lf\t%lf\n", t, x[0], x[1],
x[2], x[3]);

                  animate(100);
```

→ opóźnienie klatek w celu animacji toru lotu kulki

```
                  circle(x[0]*(15)+200, x[2]*(-15)+700, 3);
```

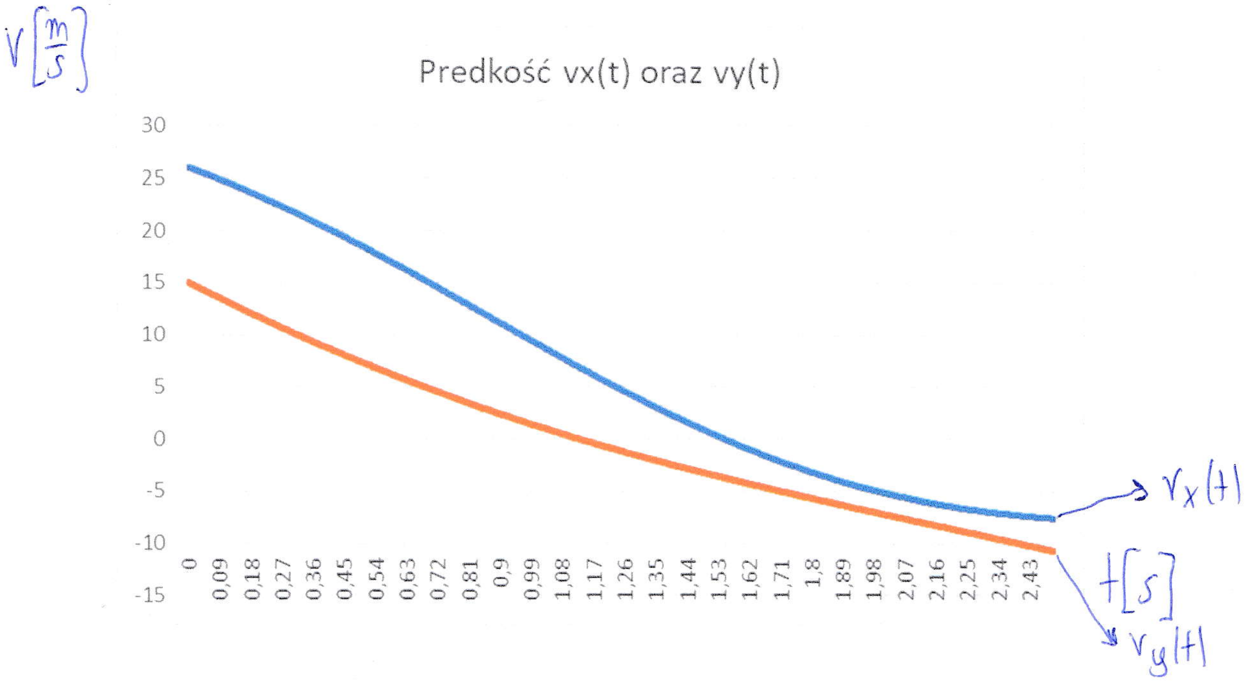
→ narysowanie kulki przeskalowane o 15 aby było bardziej widoczne

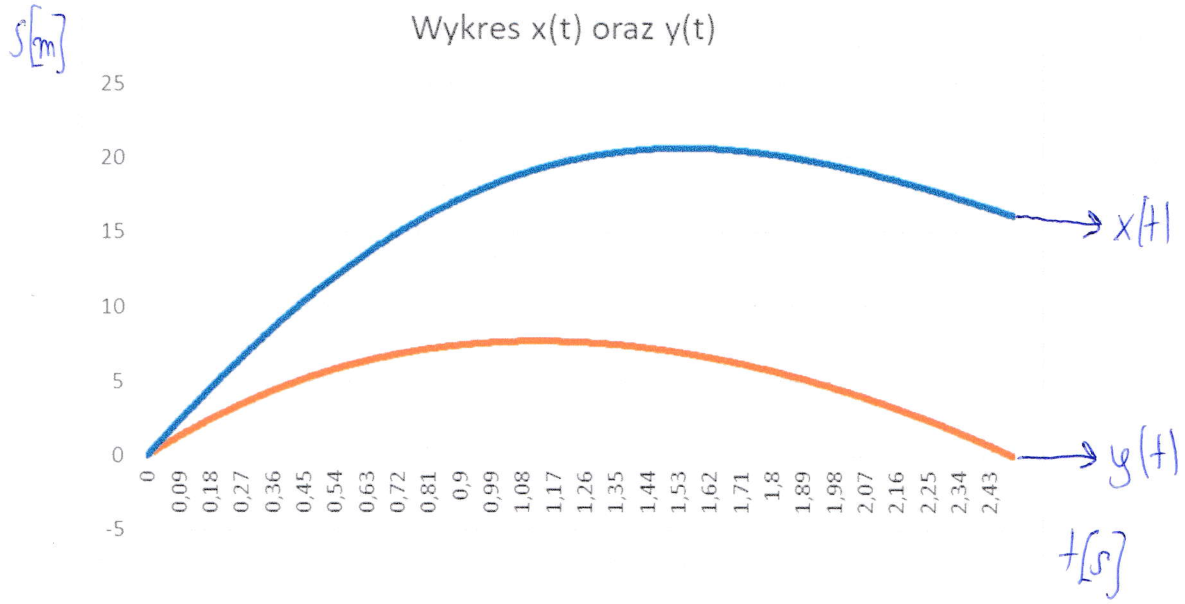
```
            }
            fclose(fp);
            wait();

      }

      void prawastrona(double t, double *x, double *dx)
{
      dx[0] = x[1];
      dx[1] = -1. / 2.*C*S*Ro*sqrt((x[1]+ vo*sin(t) )*(x[1] + vo*sin(t) ) +
x[3] * x[3])*(x[1]+ vo*sin(t) ) / m;
      dx[2] = x[3];
      dx[3] = -1. / 2.*C*S*Ro*sqrt((x[1]+ vo*sin(t) )*(x[1] + vo*sin(t) ) +
x[3] * x[3])*x[3] / m - g;
}
```

funkcja prawych stron z równań wyprowadzonych wcześniej na potrzebę funkcji vrk4.




Informacje: Do uzyskania następujących wykresów użyłem kąta alfa = 30°, $v_0$ → prędkości startowej 30 $\frac{m}{s}$, masy kulki = 45kg.

Przyjęta ~~[illegible]~~ masa oczywiście jest trochę za duża lecz testując program chciałem zobaczyć przy jakiej masie ruch kulki będzie przypominał rzut ukośny pokonując opory podmuchu.

Korzystałem z biblioteki graficznej oraz ~~[illegible]~~ funkcji „rk4" dostępnej na stronie wydziału.