Zadanie domowe 3

iNFORMATYKA 2

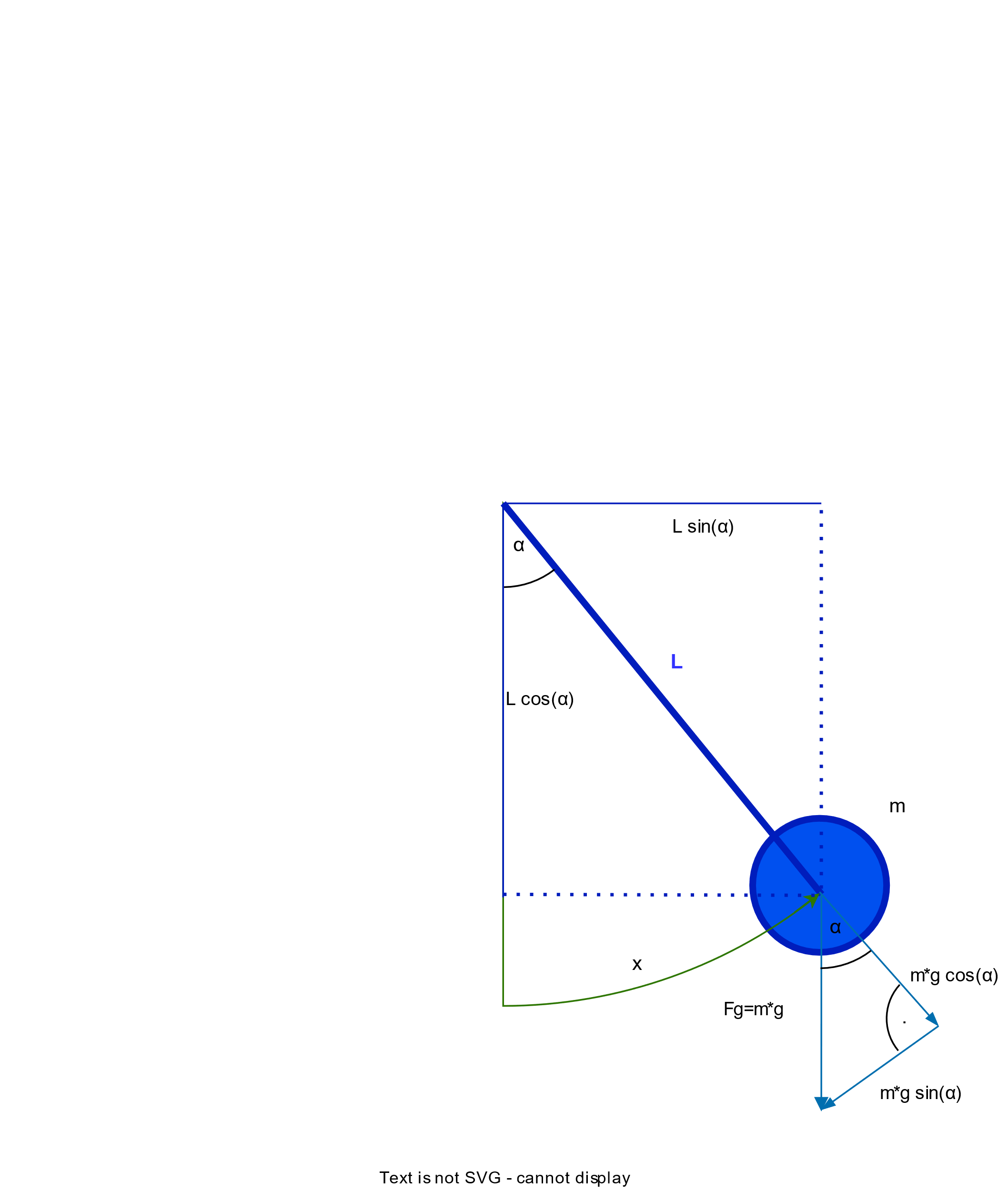
eWA gABRYSZEWSKA (NR INDEKSU)

Prowadzący - mgr inż. Mariusz Rutkowski

Termin oddania – 15.06.2023 r.

2023

# Opis zagadnienia



Rysunek - opis problemu

Wahadło zostało potraktowane jako nieskończenie mały obciążnik na nieważkiej nitce o długości L.  
Oznaczenia używane w rysunkach i obliczeniach:

# Równania ruchu

Na obciążnik działają dwie siły – siła grawitacji i siła naciągu nici. Po rozłożeniu siły na składową normalną do przemieszczenia i styczną zauważamy, że składowa normalna równoważona jest przez siłę naciągu nici (nie obserwujemy przemieszczenia w żadnej innej osi, zmienia ona jedynie kierunek prędkości) Po rozpisaniu powyższego układu równowagi otrzymujemy siłę działającą na obciążnik równą

Jako że w naszym układzie wychylenie obciążnika jest duże, nie możemy traktować go jako układ harmoniczny  
Dla uproszczenia dalszych obliczeń wprowadzimy zmienną przyspieszenia

Przyspieszenie a powoduje przebycie przez obciążnik przemieszczenia x po łuku

Po uproszczeniu otrzymujemy układ równań różniczkowych pierwszego rzędu

gdzie:

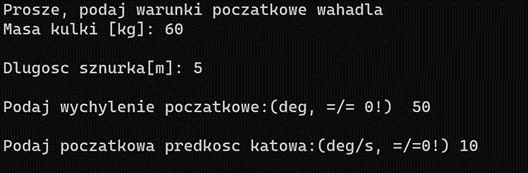
Energia mechaniczna układu określona jest wzorem:S

# Metoda obliczeniowa

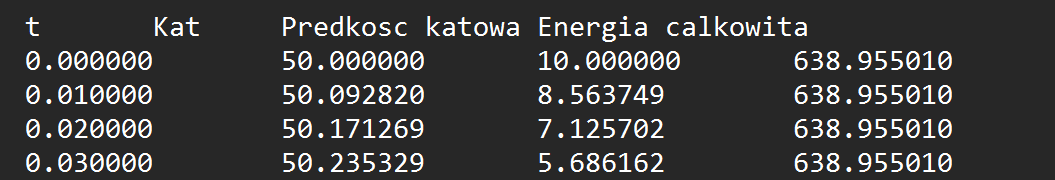
Układ równań został scałkowany przy pomocy metody Runge-Kutta 4-tego rzędu. Czas całkowania: . Krok całkowania .

# wyniki

Symulacja została przeprowadzona dla trzech zestawów danych



Rysunek Ekran konsoli programu z wpisanymi danymi przykładowymi



Rysunek Podgląd formatowania danych Zestawu 2 w wygenerowanym pliku tekstowym

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| T [s] | Kat[deg] | Prędkość kątowa [deg/s] | Energia całkowita[J] |
| 0 | 50 | 10 | 638,95501 |
| 0,01 | 50,09282 | 8,563749 | 638,95501 |
| 0,02 | 50,171269 | 7,125702 | 638,95501 |
| 0,03 | 50,235329 | 5,686162 | 638,95501 |
| 0,04 | 50,284988 | 4,245432 | 638,95501 |
| 0,05 | 50,320235 | 2,803816 | 638,95501 |
| 0,06 | 50,341063 | 1,361614 | 638,95501 |
| 0,07 | 50,347466 | -0,080873 | 638,95501 |
| 0,08 | 50,339445 | -1,523342 | 638,95501 |
| 0,09 | 50,317001 | -2,965493 | 638,95501 |
| 0,1 | 50,280137 | -4,407026 | 638,95501 |

Tabela Podgląd danych wyeksportowanych do programu Excel

## Zestaw danych 1

Symulacja pierwsza została przeprowadzona dla układu o zmiennych początkowych równych:

## Zestaw danych 2

Symulacja druga przeprowadzona została dla danych identycznych do zestawu 1, poza zmianą długości sznurka.

## Zestaw danych 3

W zestawie danych 3 zwiększona została masa obciążnika:

# Omówienie wyników

Z uzyskanych wyników możemy wyciągnąć kilka wniosków

1. Symulacja spełnia założenia teoretyczne- przy braku oporów powietrza układ nie traci energii, co można zobaczyć zarówno na wykresie Emech(t), jak i zamkniętej ścieżce w wykresie przestrzeni fazowej ω(α)
2. Zmniejszenie długości sznurka skutkuje przyspieszeniem oscylacji obciążnika, co również zgadza się z obserwacjami empirycznymi
3. Masa obciążnika (również zgodnie z obserwacjami) nie wpływa na zmianę okresu wahania a jedynie na całkowitą energię mechaniczną układu

# Kod programu

#include <iostream>

#include <math.h>

#include <stdlib.h>

#include "rk4.h"

#define G 9.81

#pragma warning(disable:4996) //umożlliwienie uzywania scanf w Visual 2019

double l=3, m=1;

void rhs\_fun(double t, double\* tab,double\* prawa) //funkcja obliczajaca prawą stronę równania różniczkowego

{

prawa[0]=tab[1];

prawa[1]=-G/l\*sin(tab[0]);

}

double energia(double a, double w) //obliczanie energii

{

double wyn;

wyn = (0.5 \* m \* powl(l, 2.)) \* powl(w, 2.) + (m \* G \* l \* (1 - cos(a)));

return wyn;

}

int main()

{

double h = 0.01; //Większa dokładność przy mniejszym kroku rożniczkowania

int n = 2; //liczba zmiennych (u nas alfa i omega wiec 2)

double t = 0; //czas poczatkowy to 0s

double tk = 6; //czas koncowy to 6s

double a0 = 0, w0 = 0; //zmienne na kąt i prędkość kątową początkowe

double tabpocz[2], tabkonc[2]; //tabela na kąt i prędkość kątową przed i po obliczeniach

printf("Prosze, podaj warunki poczatkowe wahadla\n");

printf("Masa kulki [kg]: ");

scanf("%lf", &m);

printf("\nDlugosc sznurka[m]: ");

scanf("%lf", &l);

while (a0 == 0) //sprawdzenie warunkow poczatkowych

{

printf("\nPodaj wychylenie poczatkowe:(deg, =/= 0!) ");

scanf("%lf", &a0);

}

a0 \*= 3.1415/180.0; //zamiana kątów na radiany

while (w0 == 0)

{

printf("\nPodaj poczatkowa predkosc katowa:(deg/s, =/=0!) ");

scanf("%lf", &w0);

}

w0 \*= 3.1415 / 180.0;

tabpocz[0] = a0;

tabpocz[1] = w0;

FILE\* f = fopen("wyniki.txt", "w"); //otwarcie pliku do zapisu

fprintf(f, "t\tKat\tPredkosc katowa\tEnergia calkowita\n"); //naglowek pliku z danymi

fprintf(f, "%lf\t", t);

fprintf(f, "%lf\t%lf\t", a0 \* 180.0 / 3.1415, w0 \* 180.0 / 3.1415); //zapisywanie do pliku danych początkowych, dane kątowe przeliczone na stopnie dla ułatwienia

fprintf(f, "%lf\n", energia(a0, w0));

while (t < tk)

{

vrk4(t, tabpocz, h, n, rhs\_fun, tabkonc); //liczenie prawej strony rownania rozniczkowego metodą Rungego-Kutty

fprintf(f, "%lf\t", t + h);

fprintf(f, "%lf\t%lf\t", tabkonc[0]\*180.0 / 3.1415,tabkonc[1]\*180.0 / 3.1415); //zapisywanie do pliku poszczególnych wyników

fprintf(f, "%lf\n", energia(tabkonc[0], tabkonc[1]));

for (int i = 0; i < n; i++) // wyniki jednego kroku różniczkowania staja sie danymi wejsciowymi nastepnego

tabpocz[i] = tabkonc[i];

t += h;

}

fclose(f);

return 0;

}