METODY NUMERYCZNE

LISTA 12

Wioletta Łupkowska

Czwartek, 9:15, 244831

```java
public interface CalculateAcceleration {

    public double a (double x);

}
```

```java
public interface ODEUpdate {

    void update(double t, double x, double v);
}
```

```java
public class TennisToss implements CalculateAcceleration{

    @Override
    public double a(double x) {
        return -9.81;
    }
}
```

```java
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.ArrayList;

public class Analyzer implements ODEUpdate{

    private ArrayList<Double> tValues = new ArrayList<>();
    private ArrayList<Double> xValues = new ArrayList<>();
    private ArrayList<Double> vValues = new ArrayList<>();

    @Override
    public void update(double t, double x, double v) {

        tValues.add(t);
        xValues.add(x);
        vValues.add(v);
    }

    public ArrayList gettValues() {
        return tValues;
    }

    public ArrayList getxValues() {
        return xValues;
    }

    public ArrayList getvValues() {
```

```
        return vValues;
    }

    void saveToFile(String fileName) throws FileNotFoundException{
        PrintWriter printwriter = new PrintWriter(fileName);
        printwriter.println(("t \t x \t v"));

        for(int i = 0;i<tValues.size();i++)
            printwriter.println(tValues.get(i).toString() + '\t' +
                    xValues.get(i).toString() + '\t' +
                    vValues.get(i).toString());

            printwriter.close();

    }

}
```

```
public class EulerCromer {



    private double dt;

    public EulerCromer(double dt){
        this.dt = dt;
    }


    public void integrate(CalculateAcceleration calculateAcceleration,
                          ODEUpdate odeUpdate, double tStart, double tStop,
                          double x0, double v0){

        int nSteps = (int) ((tStop - tStart)/dt);

        double t = tStart;
        double x = x0;
        double v = v0;
        odeUpdate.update(t,x,v);



        for(int i = 0; i<nSteps;i++) {

            double a = calculateAcceleration.a(x);
            double vNew = v +dt*a;
            double xNew = x + dt*vNew;

            t+=dt;
            x = xNew;
            v = vNew;

            //zeby zapamietac wszystkie wartosci to:
            odeUpdate.update(t, x, v);
        }

        //    vn+1 = vn + anΔt
////    xn+1 = xn + vn+1Δt.
```

```
    }

}
```

```
public class Car implements CalculateAcceleration{

    private double a;
    private double m;
    private double v;
    private double c;
    private double u;

    public Car( double m, double v, double c, double u) {

        this.m = m;
        this.v = v;
        this.c = c;
        this.u = u;
    }

    public Car() {
    }

    @Override
    public double a(double v) {
        return -u*9.81-(c*Math.pow(this.v,2))/m;
    }


}
```

```
public class VerletIntegrator {

    private double dt;

    public VerletIntegrator(double dt){
        this.dt = dt;
    }


    public void integrate(CalculateAcceleration calculateAcceleration,
                          ODEUpdate odeUpdate, double tStart, double tStop,
                          double x0, double v0){

        int nSteps = (int) ((tStop - tStart)/dt);

        double t = tStart;
        double x = x0;
        double v = v0;
        odeUpdate.update(t,x,v);

        double a = calculateAcceleration.a(x);

        for(int i = 0; i<nSteps;i++) {

            double vHalf = v + dt * a / 2;
            double xNew = x + dt * vHalf;
            double aNew = calculateAcceleration.a(xNew);
            double vNew = v + dt * (a + aNew) / 2;
```

```
            a = aNew;
            t += dt;
            x = xNew;
            v = vNew;

            odeUpdate.update(t, x, v);


    }
}
```

```
public class CarBezOporu implements CalculateAcceleration{

    private double a;
    private double m;
    private double v;
    private double c;

    public CarBezOporu(double m, double v, double c) {

        this.m = m;
        this.v = v;
        this.c = c;
    }

    public CarBezOporu() {
    }

    @Override
    public double a(double v) {
        return -(c*Math.pow(this.v,2))/m;
    }


}
```

```
import java.io.FileNotFoundException;
import java.util.ArrayList;

public class Tester {

    public static void main(String[] args) {

        VerletIntegrator vi = new VerletIntegrator(0.01);
        EulerCromer ec = new EulerCromer(0.01);
        EulerCromer ecBez = new EulerCromer(0.01);
        Analyzer analyzerVi = new Analyzer();
        Analyzer analyzerEc = new Analyzer();
        Analyzer analyzerEcCar = new Analyzer();
        Analyzer analyzerEcCarBezOporu = new Analyzer();

        TennisToss toss = new TennisToss();
        Car car = new Car(1200,300,0.86,0.7);
        CarBezOporu carBezOporu = new CarBezOporu(1200,300,0.86);

        ArrayList<Double> xListVi = new ArrayList<>();
        ArrayList<Double> xListEc = new ArrayList<>();
        ArrayList<Double> xListEcCar = new ArrayList<>();
        ArrayList<Double> vListEcCar = new ArrayList<>();
```

```
ArrayList<Double> tListEcCar= new ArrayList<>();
ArrayList<Double> xListEcCarBezOporu= new ArrayList<>();
ArrayList<Double> vListEcCarBezOporu= new ArrayList<>();
ArrayList<Double> tListEcCarBezOporu= new ArrayList<>();

vi.integrate(toss,analyzerVi,0,5,1.5,5.2);
ec.integrate(toss,analyzerEc,0,5,1.5,5.2);
ec.integrate(car,analyzerEcCar,0,5,1.5,300000./3600);
ecBez.integrate(carBezOporu,analyzerEcCarBezOporu,0,5,1.5,300000./3600);

try{
    analyzerVi.saveToFile("testVerlet.txt");
    analyzerEc.saveToFile("testEuler.txt");
    analyzerEcCar.saveToFile("testEulerCar.txt");
    analyzerEcCarBezOporu.saveToFile("testEulerCarBezOporu.txt");

}catch (FileNotFoundException e){
    e.printStackTrace();
}

xListVi =analyzerVi.getxValues();
xListEc =analyzerEc.getxValues();
xListEcCar =analyzerEcCar.getxValues();
vListEcCar =analyzerEcCar.getvValues();
tListEcCar =analyzerEcCar.gettValues();
xListEcCarBezOporu =analyzerEcCarBezOporu.getxValues();
vListEcCarBezOporu =analyzerEcCarBezOporu.getvValues();
tListEcCarBezOporu =analyzerEcCarBezOporu.gettValues();
double xMaxVi=0;
double xMaxEc=0;
double tCarStop=0;
double xCarStop=0;
double tCarStopBezOporu=0;
double xCarStopBezOporu=0;

for(int i =0; i<xListVi.size()-1;i++) {
    if (xListVi.get(i + 1) > xListVi.get(i)) {
        xMaxVi = xListVi.get(i);
    }
    if (xListEc.get(i + 1) > xListEc.get(i)) {
        xMaxEc = xListEc.get(i);
    }
}


for(int i =0; i<xListEcCar.size()-1;i++){
    if( vListEcCar.get(i)<0){
        xCarStop=xListEcCar.get(i);
        tCarStop=tListEcCar.get(i);
        System.out.println(i);
        break;
    }
}

for(int i =0; i<xListEcCarBezOporu.size()-1;i++){
    if( vListEcCarBezOporu.get(i)<0){
        xCarStopBezOporu=xListEcCarBezOporu.get(i);
        tCarStopBezOporu=tListEcCarBezOporu.get(i);
        System.out.println(i);
```

```
                break;
            }
        }

        //System.out.println(xListEcCar);

        System.out.println("Verlet, maksymalna wysokość, na jaką wzniesie sie
piłka: ");
        System.out.println(xMaxVi);
        System.out.println("Euler, maksymalna wysokość, na jaką wzniesie sie
piłka: ");
        System.out.println(xMaxEc);

        System.out.println("Czas, po ktorym samochod sie zatrzyma");
        System.out.println(tCarStop);
        System.out.println("Droga, po której samochod sie zatrzyma");
        System.out.println(xCarStop);

        System.out.println("Czas, po ktorym samochod sie zatrzyma bez oporu");
        System.out.println(tCarStopBezOporu);
        System.out.println("Droga, po której samochod sie zatrzyma bez oporu ");
        System.out.println(xCarStopBezOporu);


    }
}
```

```
figure;
plot(t(1:117),x(1:117));
xlabel("czas");
ylabel("droga");

figure;
plot(t(1:117),v(1:117));
xlabel("czas");
ylabel("predkosc");

figure;
plot(t1(1:130),x1(1:130));
xlabel("czas");
ylabel("droga bez oporu");

figure;
plot(t1(1:130),v1(1:130));
xlabel("czas");
ylabel("predkosc bez oporu");
```

- *WYNIKI:*

```
Verlet, maksymalna wysokość, na jaką wzniesie sie piłka:
2.877688000000002
Euler, maksymalna wysokość, na jaką wzniesie sie piłka:
2.8521820000000013
Czas, po ktorym samochod sie zatrzyma
1.1700000000000008
Droga, po której samochod sie zatrzyma
49.73535990000015
Czas, po ktorym samochod sie zatrzyma bez oporu
1.300000000000001
Droga, po której samochod sie zatrzyma bez oporu
54.91158333333334
```

- *Rozwiązanie analityczne dla przykładu z piłką:*

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

gdzie:
s – droga, pokonana przez ciało
s_0 – droga początkowa ciała
v – wartość prędkości ciała
v_0 – wartość prędkości początkowej ciała
t – czas trwania ruchu jednostajnie przyspieszonego
a – wartość przyspieszenia.

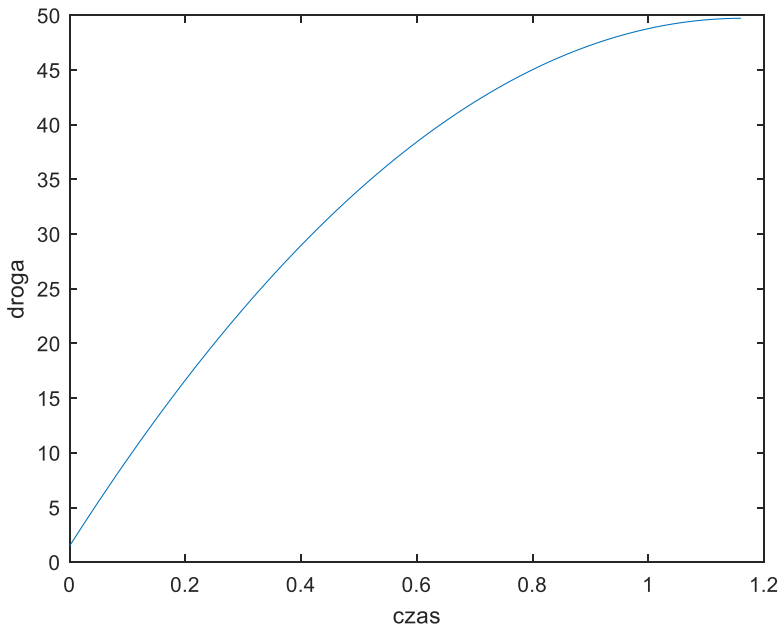
$$S = 1.5 + 5.2*1.2 - (9.81*1.2*1.2/2)$$

$$S = 0.6768$$

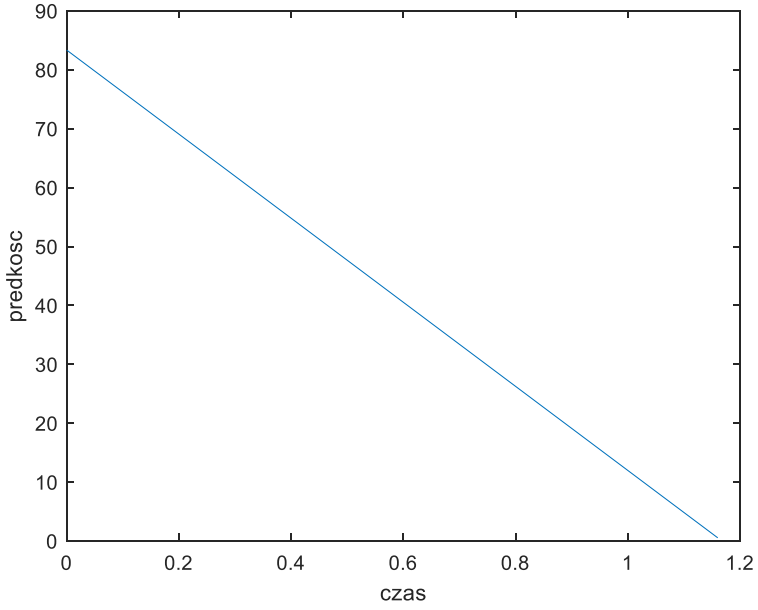
$$S\_końcowa = S\_0 + S = 2.1768$$

W czasie = 1.2 piłka jest już w trakcie spadania, w związku z czym wysokość jest trochę mniejsza, niż ta wyliczona za pomocą programu.

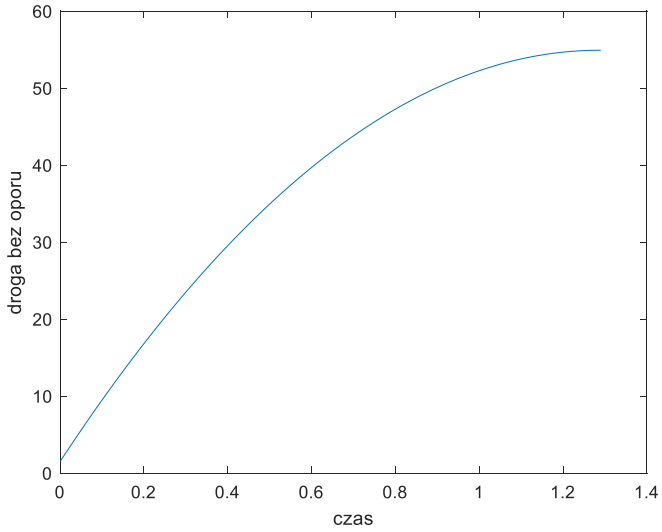
- *WYKRESY:*



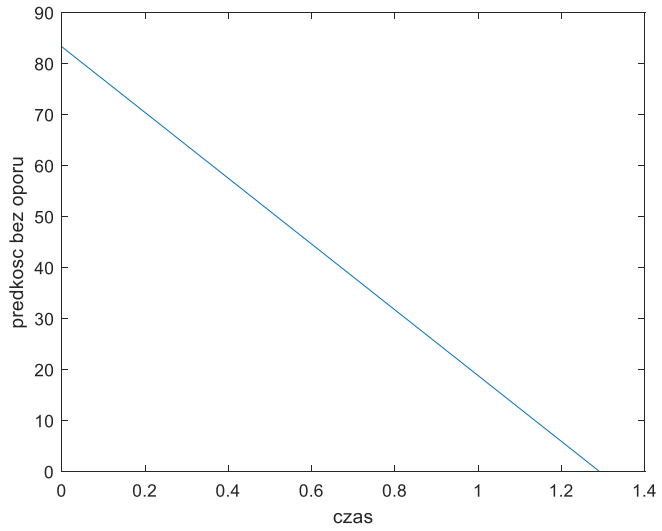
Rys1: Wykres drogi od czasu z oporem.



Rys.2: Wykres prędkości od czasu z oporem.



Rys3: Wykres drogi od czasu bez oporu.



Rys3: Wykres prędkości od czasu bez oporu.

Oś Y została ograniczona od dołu zerem, ze względu na brak możliwości spadnięcia piłki poniżej poziomu ziemi. Dla rozwiązania, w którym nie zostały uwzględnione opory, droga zatrzymania jest dłuższa, a co za tym idzie, również czas.