**Министерство образования и науки  
Российской Федерации**

**Федеральное агентство по образованию**

**Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования**

**Череповецкий государственный университет**

**Кафедра физики  
Лабораторный практикум  
по курсу**

**«Электричество и магнетизм»**

**ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**

**«Моделирование законов динамики (одномерное движение)»**

**Выполнил:**

**студент гр.** 1ИВТпб-01-21оп

Климов А.Г. **Проверил: преподаватель**

Сазонова Е.В. **Отметка о зачете:**

**Череповец,**

**2017**

**Цель работы:**

* познакомиться с практическим применением законов Ньютона для решения задач динамики с учетом сил, изменяющихся во времени, методами компьютерного моделирования.
* научиться решать дифференциальные уравнения с помощью системы Mathcad.

**Краткая теория:**

**Дифференциальным уравнением** называется уравнение, которое кроме независимых переменных и неизвестных функций этих переменных, содержит еще и производные неизвестных функций. Наивысший порядок производных неизвестной функции, входящих в это уравнение, называется **порядком дифференциального уравнения**.

Координата частицы *x* и ее скорость *V* определяются уравнениями:



Задача состоит в вычислении зависимостей *x(t)*, *V(t*) при условии, что заданы начальные значения координаты и скорости значения *x(0)* и *V(0).*

Вид этих уравнений представляет собой очевидный намек на возможный способ вычислений: выбрать достаточно малое конечное значение величины *dt,* а затем воспользоваться соотношениями:

*V(t + dt) ≈ V(t) + dt = V(t) + a(t)dt* (3)

*x(t + dt) ≈ x(t) + dt = x(t) + V(t)dt*

(4) *dt*

Многократно применяя эти соотношения, можно рассчитать значения x и *V* в ряде дискретных, но достаточно близких друг к другу точек.

**Ход работы:**

**Второй закон Ньютона**

В рассматриваемой ниже физической задачи фундаментальную роль играет второй закон Ньютона. Он гласит, что ускорение, с которым движется тело, прямо пропорционально действующей на него силе (если их несколько, то равнодействующей, т.е. векторной сумме сил) и обратно пропорционально его массе:



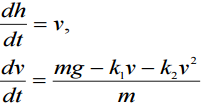
В ситуации, когда сила или масса не являются величинами постоянными, необходимо записать этот закон в более общей математической форме. Поскольку ускорение есть приращение скорости v(t), а скорость — приращение перемещения s(t), то



**Свободное падение тела**

Математическая модель свободного падения тела следует из уравнения второго закона Ньютона с учетом двух сил, действующих на падающее тело – силы тяжести и силы сопротивления среды: , где .

Рассматриваемое движение является одномерным. Проецируя силу F, скорость v и перемещение h на ось, направленную вертикально вниз, получаем



**Задача. Падение тел с учетом сил трения.**

Вычислите скорость (v1 и v2), пройденный путь тела (S1 и S2), падающего вниз тела без учёта и с учётом сопротивления воздуха соответственно в моменты времени, указанные в таблице. Постройте зависимости v1(t), v2(t), S1(t), S2(t)

При рассмотрении задачи с учетом сопротивления воздуха составить 2 способа решения.

Указание: сила сопротивления воздуха определяется по формуле Fc=Av+Bv3, где коэффициенты А и В пропорциональны площади поперечного сечения тела, коэффициента обтекаемости, вязкости среды.

**Падение тела без учёта сил трения:**

V=gt; S=vt.

*При t=3 с – скорость падения тела:*

*Дано:* g=9,8 м/c; t=3 м/c; v0=0;

*Найти:* v-?;

*Решение:* v(t) = v0 + g\*t = g\*t; v = g\*t = 29,4 м/с;

Ответ: v=29,4 м/с.

**Падение тел с учётом сил трения:**

F=Fсопр+Fтяж; ma=mg-Fc=> a=(mg-Fc)/m

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | A((H\*c)/m) | B((H\*c3)/m3) | m (кг) |
| Вариант 5 | 4 | 0,01 | 80 |

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время, с | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| V1, м/с | 9,8 | 19,6 | 29,4 | 39,2 | 49 | 58,8 | 68,6 | 78,4 | 88,2 | 98 |
| V2, м/с | 9,78 | 19,18 | 27,88 | 35,35 | 41,14 | 45,15 | 47,65 | 49,07 | 49,82 | 50,21 |
| S1, м | 9,8 | 29,4 | 58,8 | 98 | 147 | 205,8 | 274,4 | 352,8 | 441 | 539 |
| S2, м | 9,78 | 28,96 | 56,84 | 92,18 | 133,3 | 178,5 | 226,1 | 275,2 | 325 | 275,2 |

Таблица 3

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| путь | 50 м | 100 м | 200 м | 300 м |
| Время без учета сопротивления воздуха | 3,2 с | 4,5 с | 6,3 с | 7,8 c |
| Время с учетом сопротивления воздуха | 3,2 с | 4,7 с | 7 с | 9,1 с |
| Погрешность (в процентах) | 1% | 1% | 1% | 1% |
| Скорость без учета сопротивления воздуха | 31,4 м/c | 44 м/с | 62,7 м/c | 76,4 м/c |
| Скорость с учетом сопротивления воздуха | 28,7 м/с | 38,2 м/c | 46 м/c | 48,8 м/c |
| Погрешность (в процентах) | 1% | 1% | 1% | 1% |

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | T=3 c | T=5 c | T=10 c | T=15 c |
| Метод Эйлера dt=1 | 56,83749 м | 133,3263 м | 375,2352 м | 627,893 м |
| Метод Эйлера dt=0,1 | 43,69237 м | 112,213 м | 343,569 м | 593,3199 м |
| Метод Эйлера dt=0,01 | 42,39012 м | 110,1334 м | 340,396 м | 589,8074 м |
| Метод встроенных функций | 43,69237 м | 112,213 м | 343,569 м | 593,3199 м |

**Обработка результатов измерений**

По рис. 1 видно, что зависимость скорости от времени – линейная. С увеличением времени – увеличивается скорость.

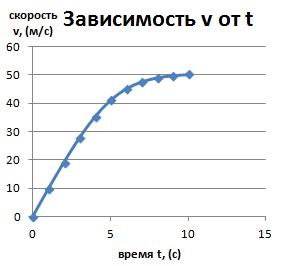
****

Рис. 1.

По рис. 2 видно, что зависимость пути от времени – линейная. С увеличением времени – увеличивается пройденный путь.

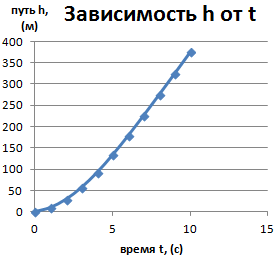
****

Рис. 2.

По табл. 3 видно, что с увеличением пути – разница в скоростях и во времени между измерениями с учётом сопротивления воздуха и без учёта сопротивления воздуха очень весомая. Следовательно, при подсчёте времени и скорости на большом пути необходимо учитывать сопротивление воздуха, иначе возможны большие расхождения в вычислениях.

По табл. 4 можно сказать, что чем меньше значение dt, тем получается наиболее точное решение. Самая большая погрешность получается при dt=1. Наиболее оптимальным будет dt=0,01, т.к. значение получается максимально точным. Выбор dt играет огромную роль, при выборе неправильного значения получается очень большая погрешность.

**Выводы и результаты**

Познакомиться с практическим применением законов Ньютона для решения задач динамики с учетом сил, изменяющихся во времени, методами компьютерного моделирования.

Научиться решать дифференциальные уравнения с помощью системы Mathcad.

По полученным результатам составил таблицы и графики. Сравнил вычисления с учётом сопротивления воздуха и без учёта сопротивления воздуха. Сравнил решения при разных dt.