

Национальный исследовательский университет ИТМО  
Мегафакультет компьютерных технологий и управления  
Факультет систем управления и робототехники

Отчёт по практическому заданию №3  
«Моделирование в MuJoCo»

Студент	Круглов А. С.
Группа	R4133с
Преподаватель	Ракшин Е. А.

Санкт-Петербург  
2025

### Задание

1) Создать модель пассивного механизма, представленного на рисунке 1:

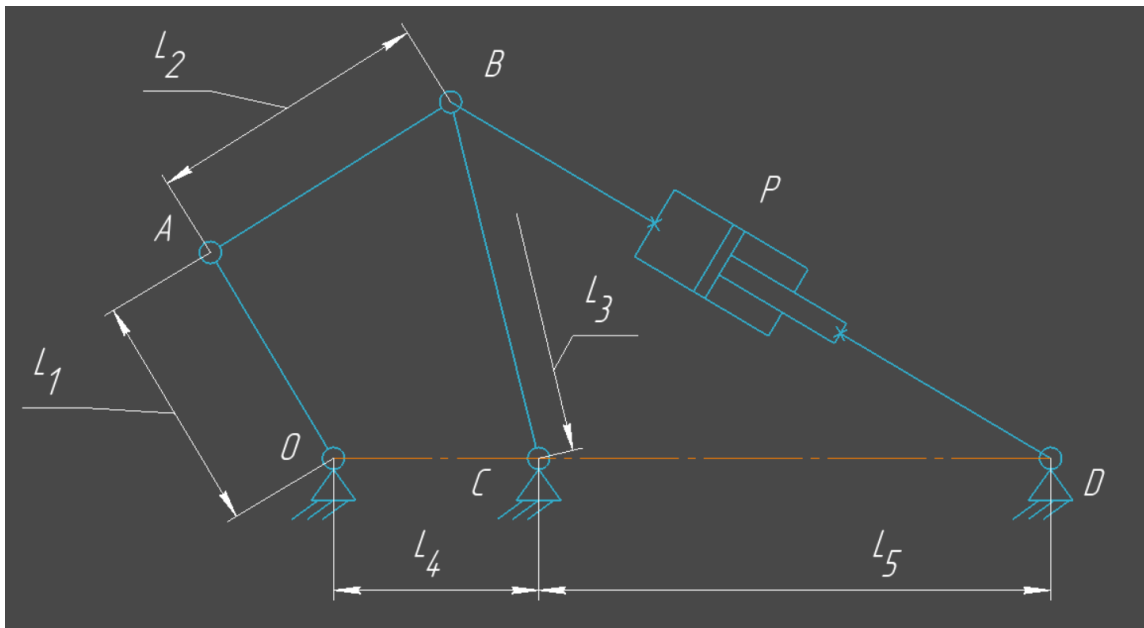


Рисунок 1 – Механизм Optimus's knee

Дано:

$$L_1 = 0.057 \text{ м}$$

$$L_2 = 0.0741 \text{ м}$$

$$L_3 = 0.0855 \text{ м}$$

$$L_4 = 0.057 \text{ м}$$

$$L_5 = 0.285 \text{ м}$$

2) Написать скрипт, используя методы model, data, viewer;

3) Запустить симуляцию.

## 1. Создание модели

Механизмы с замкнутой кинематикой моделируются следующим образом: сначала моделируются отдельные звенья, получаемые при размыкании исходного механизма, затем они объединяются, путём замыкания общих точек.

Исходный механизм будет собран из трёх частей: из двузвенника OAB1, маятника CB2, звеньев B3P и PD, между которыми установлен поступательный привод.

В тексте XML файла длины звеньев указываются как половина от заданных. Это связано с особенностями моделирования цилиндров в MuJoCo.

### 1.1. Моделирование двузвенника OAB1

Ниже представлен листинг моделирования двузвенника OAB1.

Листинг 1. Моделирование двузвенника OAB1

```
<body name="OAB1" pos="0 0 1">

    <joint name="O" type="hinge" pos="0 0 0" axis="0 1 0"
    stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
    <geom name="point O" type="cylinder" pos="0 0 0"
    size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0 0" con-
    type="0"/>
    <geom name="link OA" type="cylinder" pos="0 0 0.0285"
    size="0.015 0.0285" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" con-
    type="0"/>

    <body name="AB1" pos="0 0 0.0285">
        <joint name="A" type="hinge" pos="0 0 0.0285"
        axis="0 1 0" stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
        <geom name="point A" type="cylinder" pos="0 0
        0.0285" size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0
        0" contype="0"/>
        <geom name="link AB1" type="cylinder" pos="0 0
        0.075" size="0.015 0.03705" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0
        0 0" contype="0"/>
        <geom name="point B1" type="cylinder" pos="0 0
        0.115" size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0 0"
        contype="0"/>
        <site name="sB1" size="0.01" pos="0 0 0.115"/>
    </body>
</body>
```

Модель состоит из двух звеньев ОА и АВ1, выполненных в виде цилиндров, соединённых вращательным сочленением. Для наглядности в местах сочленения добавлены красные цилиндры. Для соединения со звеном СВ2 создан маркер sB1.

На рисунке 2 представлена модель двузвенника ОАВ1 в симуляции.

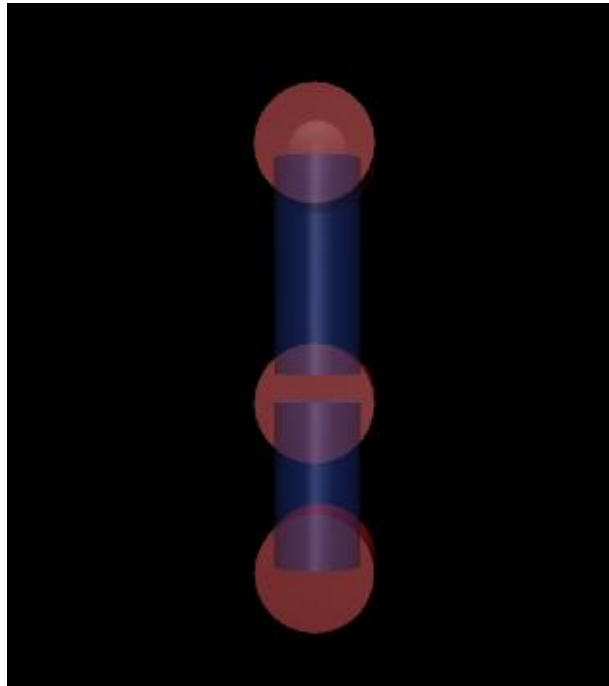


Рисунок 2 – Симуляция двузвенника ОАВ1

## 1.2. Моделирование маятника СВ2

Ниже представлен листинг моделирования маятника СВ2.

### Листинг 2. Моделирование маятника СВ2

```
<body name="CB2" pos="0.057 0 1">

    <joint name="C" type="hinge" pos="0 0 0" axis="0 1 0"
stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
    <geom name="point C" type="cylinder" pos="0 0 0"
size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0 0" con-
type="0"/>
    <geom name="link CB2" type="cylinder" pos="0 0 0.04275"
size="0.015 0.04275" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0"
contype="0"/>
    <site name="sB2" size="0.01" pos="0 0 0.0855"/>

</body>
```

Модель состоит из одного цилиндра и двух вращательных сочленений.  
Для соединения с ОАВ1 и ВЗР предусмотрен маркер sB2.  
На рисунке 3 представлена симуляция маятника СВ2.

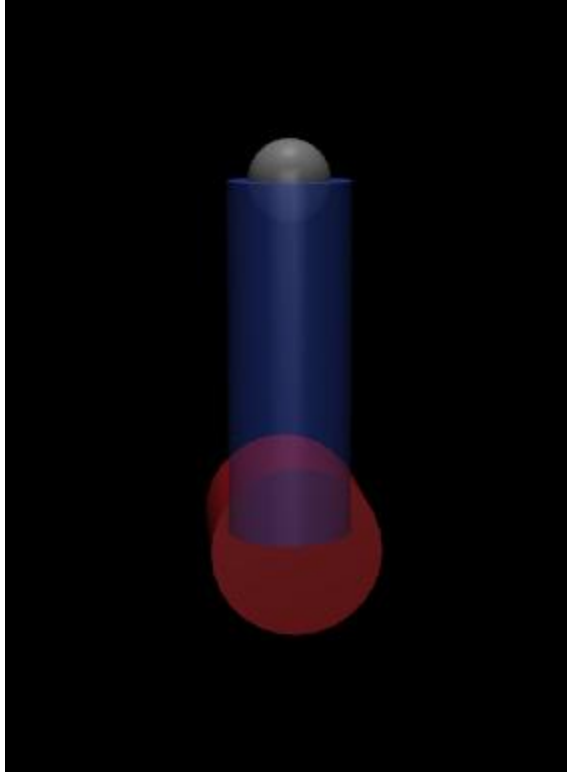


Рисунок 3 – Симуляция маятника СВ2

### **1.3. Моделирование звена ВЗРД**

Ниже представлен листинг моделирования звена ВЗРД.

Модель состоит из двух звеньев, представленных в виде цилиндров, соединённых поступательным сочленением.

Модель представляет собой пневматический/гидравлический привод, состоящий из цилиндра (ВЗР) и штока (РД).

По заданию механизм является пассивным, поэтому актуатор реализован не был.

Для соединения с СВ2 предусмотрен маркер sB3.

### Листинг 3. Моделирование маятника звена ВЗРД

```
<body name="DB3" pos="0.285 0 1">

    <joint name="D" type="hinge" pos="0 0 0" axis="0 1 0"
stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
    <geom name="point D" type="cylinder" pos="0 0 0"
size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0 0" con-
type="0"/>

    <body name="privod" pos="0 0 0.1">

        <geom name="shtok_PD" type="cylinder" pos="0 0 -0.02"
size="0.018 0.08" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" con-
type="0"/>

        <body name="cylinder" pos="0 0 0.025">

            <joint name="slider" type="slide" pos="0 0 -
0.05" axis="0 0 1" range="0 0.1" damping="0.05"/>
            <geom name="cylinder_B3P" type="cylinder"
pos="0 0 -0.01" size="0.02 0.06" rgba="0.9 0.6 0.9 1" con-
type="0"/>
            <site name="sB3" size="0.01" pos="0 0 0.05"/>

        </body>

    </body>

</body>
```

На рисунке 4 представлена симуляция звена ВЗРД.

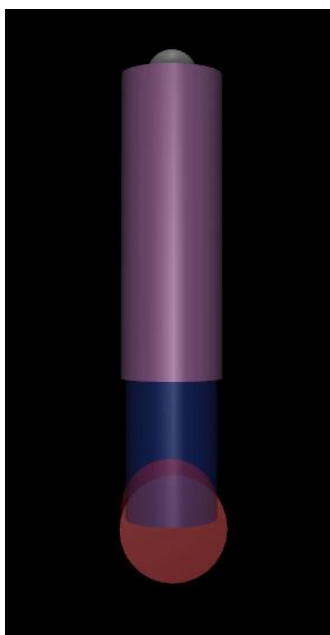


Рисунок 4 – Симуляция звена ВЗРД

Листинг объединения звеньев представлен ниже.

#### Листинг 4. Соединение маркеров

```
<equality>  
    <connect site1="sB1" site2="sB2"/>  
    <connect site1="sB2" site2="sB3"/>  
</equality>
```

Полный листинг xml-файла представлен в приложении А.

## 2. Скрипт запуска симуляции

Ниже представлен листинг скрипта на языке python, реализующий запуск симуляции в MuJoCo.

### Листинг 5. Скрипт запуска симуляции

```
import mujoco
import mujoco.viewer
import time

model = mujoco.MjModel.from_xml_path("optimus_knee.xml")
data = mujoco.MjData(model)

with mujoco.viewer.launch_passive(model, data) as viewer:

    # Настройка камеры
    viewer.cam.distance = 1.0 # расстояние до модели
    viewer.cam.azimuth = 60   # азимут (горизонтальный угол)
    viewer.cam.elevation = -20 # угол возвышения (вертикальный)
    viewer.cam.lookat[:] = [0, 0, 1.05]

    while viewer.is_running():
        mujoco.mj_step(model, data)
        viewer.sync()
        time.sleep(0.01)
```

Метод `MjModel` получает из xml-файла постоянные параметры физической модели.

Метод `MjData` инициализирует объект для хранения изменяемого состояния в симуляции.

Метод `viewer` создаёт окно для просмотра симуляции.



### 3. Симуляция

На рисунке 5 показан собранный механизм в симуляции.

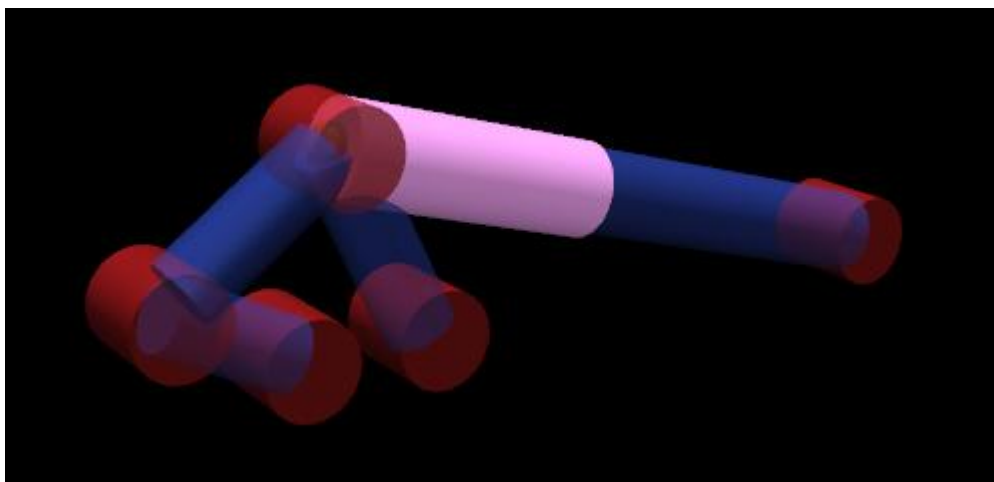


Рисунок 5 – Механизм в симуляции

Из рисунка видно, что маркеры sB1, sB2, sB3 успешно объединились, и из трёх механизмов собрался один.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Листинг xml-файла

```
<mujoco>

  <worldbody>

    <light name="top" pos="0 0 5" dir="0 0 -1" directional="true"
    castshadow="false"/>

    <body name="OAB1" pos="0 0 1">

      <joint name="O" type="hinge" pos="0 0 0" axis="0 1 0"
      stiffness="0" springref="0" damping="0"/>

      <geom name="point O" type="cylinder" pos="0 0 0"
      size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0 0" con-
      type="0"/>

      <geom name="link OA" type="cylinder" pos="0 0 0.0285"
      size="0.015 0.0285" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0"
      contype="0"/>

      <body name="AB1" pos="0 0 0.0285">

        <joint name="A" type="hinge" pos="0 0 0.0285"
        axis="0 1 0" stiffness="0" springref="0" damping="0"/>

        <geom name="point A" type="cylinder" pos="0 0
        0.0285" size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0
        0" contype="0"/>

        <geom name="link AB1" type="cylinder" pos="0 0
        0.075" size="0.015 0.03705" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0
        0 0" contype="0"/>

        <geom name="point B1" type="cylinder" pos="0 0
        0.115" size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0
        0" contype="0"/>

        <site name="sB1" size="0.01" pos="0 0 0.115"/>

      </body>

    </body>
```

```

    </body>
<body name="CB2" pos="0.057 0 1">

    <joint name="C" type="hinge" pos="0 0 0" axis="0 1 0"
    stiffness="0" springref="0" damping="0"/>

    <geom name="point C" type="cylinder" pos="0 0 0"
    size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0 0" con-
    type="0"/>

    <geom name="link CB2" type="cylinder" pos="0 0 0.04275"
    size="0.015 0.04275" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0"
    contype="0"/>

    <site name="sB2" size="0.01" pos="0 0 0.0855"/>

</body>

<body name="DB3" pos="0.285 0 1">

    <joint name="D" type="hinge" pos="0 0 0" axis="0 1 0"
    stiffness="0" springref="0" damping="0"/>

    <geom name="point D" type="cylinder" pos="0 0 0"
    size="0.02 0.02" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="90 0 0" con-
    type="0"/>

    <body name="privod" pos="0 0 0.1">

        <geom name="shtok_PD" type="cylinder" pos="0 0 -0.02"
        size="0.018 0.08" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" con-
        type="0"/>

        <body name="cylinder" pos="0 0 0.025">

            <joint name="slider" type="slide" pos="0 0 -
            0.05" axis="0 0 1" range="0 0.1" damping="0.05"/>

            <geom name="cylinder_B3P" type="cylinder"
            pos="0 0 -0.01" size="0.02 0.06" rgba="0.9 0.6 0.9 1" con-
            type="0"/>

            <site name="sB3" size="0.01" pos="0 0 0.05"/>

        </body>

    </body>

</body>

```

```
</worldbody>
<equality>
  <!--connect site1="sB1" site2="sB2"/-->
  <!--connect site1="sB2" site2="sB3"/-->
</equality>

</mujoco>
```