

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет ИТМО»  
(Университет ИТМО)

Факультет систем управления и робототехники  
15.04.06 Робототехника и искусственный интеллект

ОТЧЕТ  
по дисциплине  
*«Имитационное моделирование робототехнических систем»*

Практическая работа №3  
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ В СРЕДЕ MUJOCO

Студент:  
*Группа № R4136c* 507170 O.E. Попова

Предподаватель:  
*Ассистент ФСУиР* 373529 E.A. Ракшин

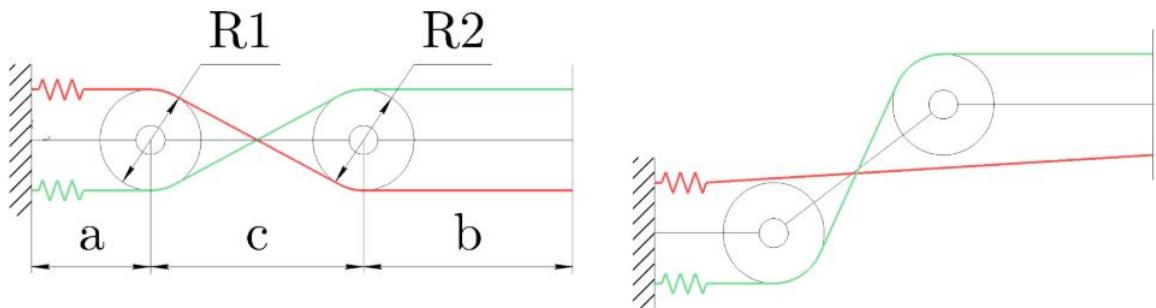
Санкт-Петербург 2025

# 1 Задание на практическую работу

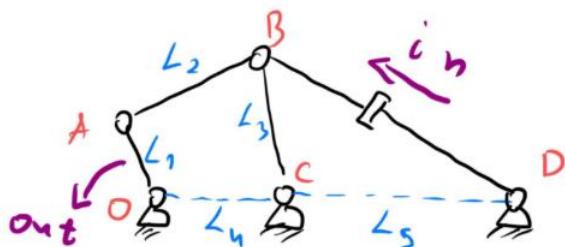
1. Look in the [table](#) and find yourself:

2. Choose one of the passive mechanisms according to your list and model .xml files.

Variant 1 - tendon connected 2R planar mechanism:



Variant 2 - Optimus' knee closed-chain mechanism:



3. Write python script with `model`, `data` and `viewer` methods. Run the simulation.

4. Examples of .xml models are in the "Examples" folder.

Таблица 1 – Данные для моделирования системы Optimus

$L_1, \text{м}$	$L_2, \text{м}$	$L_3, \text{м}$	$L_4, \text{м}$	$L_5, \text{м}$
0.056	0.0728	0.084	0.056	0.28

## 2 Моделирование системы

Для моделирования системы разделим ее на три участка. Первый участок – двухзвеный ОАВ, второй – однозвенный маятник СВ, и последний – DB. Управлять будем длиной DB (in), а считывать – угол поворота О (out).

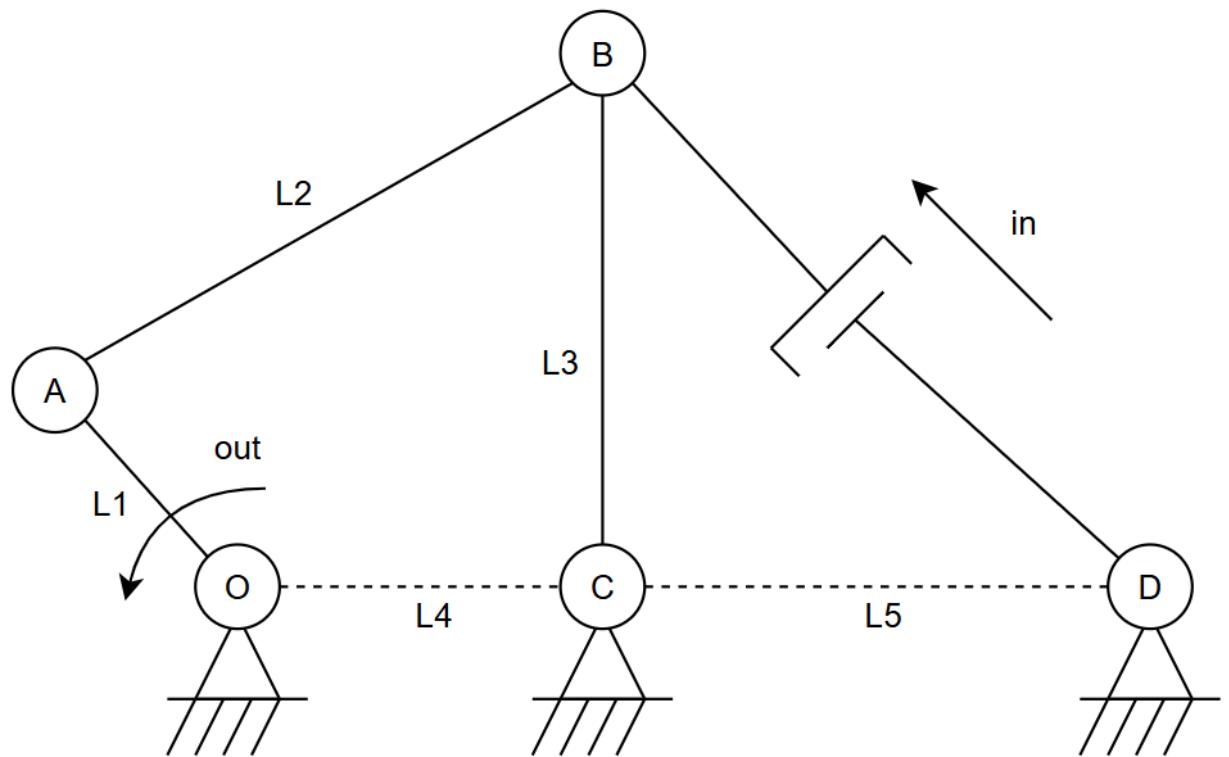


Рисунок 1 – Схема системы Optimus

Реализуем модель в .xml (см. рисунок 2), напишем код в .py, используя MuJoCo (см. приложения). В данной работе использовались **actuator:position** (управление длиной звена DB) и **sensor:jointpos** (считывание угла поворота джойнта O).

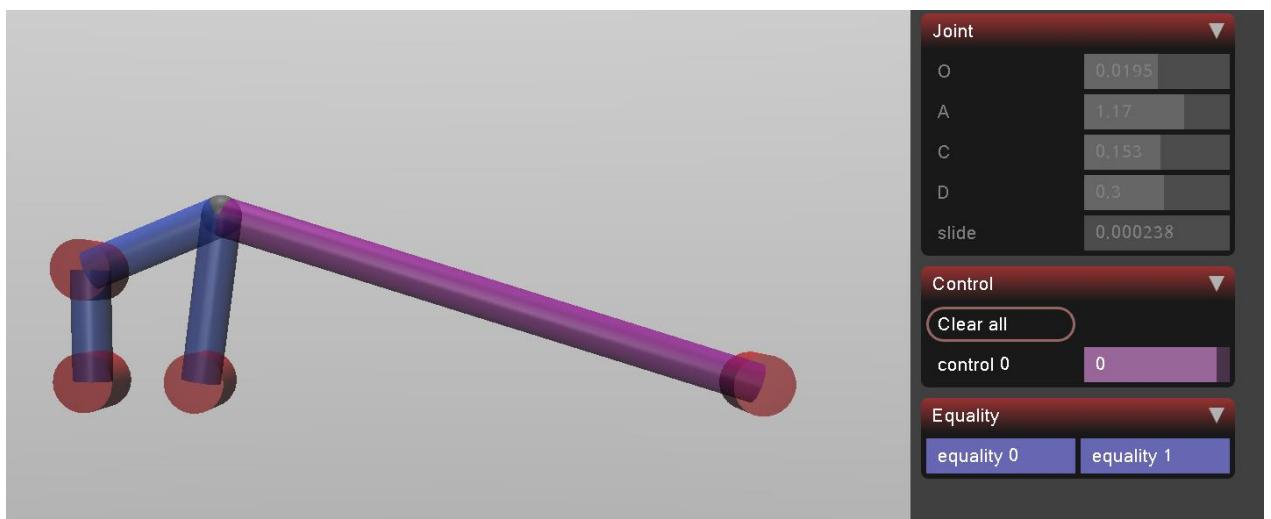


Рисунок 2 – Система в начальном положении

Примем ограничения по управлению длиной звена DB так, чтобы крайние положения системы были такими, как на рисунке 3.

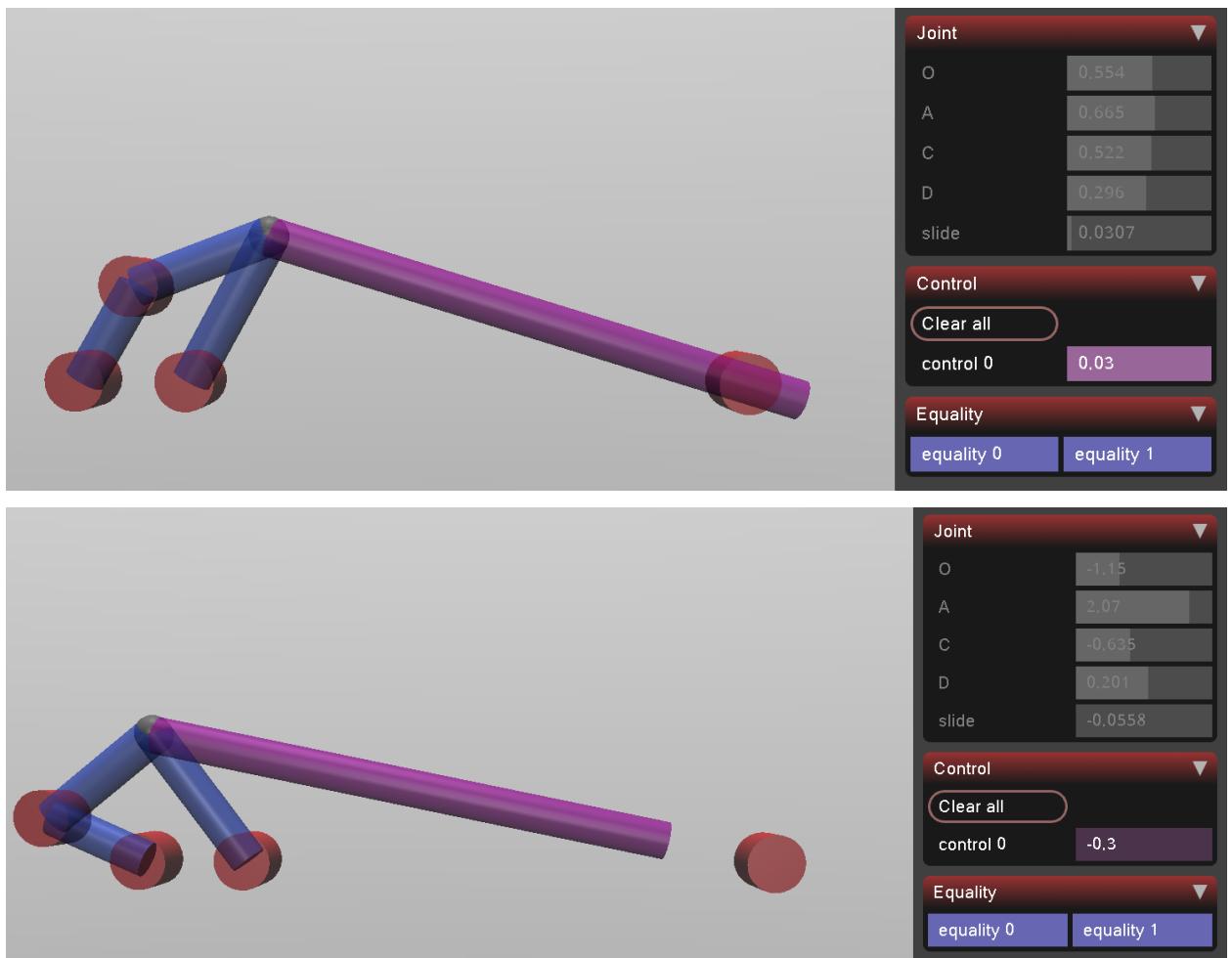


Рисунок 3 – Крайние положения модели

Подадим модели на вход синусоидальную функцию, и получим график положения (в радианах) сочленения О.

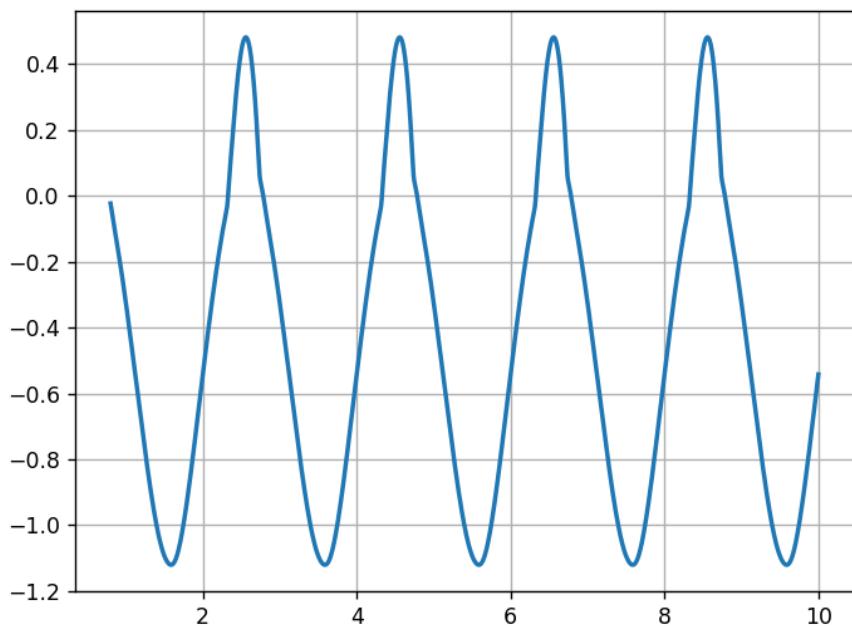


Рисунок 4 – График положения джойнта О во времени

### 3 Выводы

В ходе выполнения практической работы подробно изучался раздел “XML Reference” в документации MuJoCo. Из-за специфики кинематической цепи данной системы было сложно подобрать один из актуаторов, так как звено DB должно было в идеале менять динамически свой размер. В MuJoCo не предусмотрено изменение размеров цилиндров динамически, а редактировать .xml во время симуляции каждый раз – абсурд. Поэтому было принято решение оставить длину DB постоянной, и именно поэтому звено в крайних положениях выглядит не презентабельно.

### 4 Листинг кода на Python

```
import mujoco
import mujoco.viewer
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

f = "C:\\\\Users\\\\olivi\\\\Downloads\\\\cylinder.xml"

model = mujoco.MjModel.from_xml_path(f)
data = mujoco.MjData(model)

sim_time = 10
dt = model.opt.timestep
num_of_steps = int(sim_time / dt)
time_series = np.linspace(0, sim_time, num_of_steps)
O_position = []
t = 0.0

viewer = mujoco.viewer.launch_passive(model, data)

for i in range(num_of_steps):
    if not viewer.is_running():
        break
    data.ctrl[0] = 0.165 * np.sin(1 * np.pi * t) - 0.135
    t += dt
    O_position.append(data.sensordata[0])
    mujoco.mj_step(model, data)
    viewer.sync()

viewer.close()
```

```

plt.plot(time_series[800:], O_position[800:], '-.', linewidth=2, label='P')
plt.grid()
plt.show()

```

## 5 Листинг модели в xml

```

<mujoco>

    <option timestep="1e-3"/>
    <option gravity="0 0 -9.8"/>

    <asset>
        <texture type="skybox" builtin="gradient" rgb1="1 1 1" rgb2="0.5 0.5 0.5"
width="265" height="256"/>
        <texture name="grid" type="2d" builtin="checker" rgb1="0.1 0.1 0.1"
rgb2="0.6 0.6 0.6" width="300" height="300"/>
        <material name="grid" texture="grid" texrepeat="10 10"
reflectance="0.2"/>
    </asset>

    <worldbody>

        <light pos="0 0 10"/>
        <geom type="plane" size="0.5 0.5 0.1" material="grid"/>

        <camera name="side view" pos="0.1 -1.5 1.0" euler="90 0 0" fovy="60"/>
        <camera name="upper view" pos="0 0 1.5" euler="0 0 0"/>

        <body name="OAB1" pos="0 0 0.5" euler="-90 0 0">

            <joint name="O" type="hinge" axis="0 0 1" stiffness="0" springref="0"
damping="0"/>
                <geom name="point O" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.015 0.015"
rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                <geom name="link OA" type="cylinder" pos="0 -0.028 0" size="0.01
0.028" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="90 0 0" contype="0"/>

            <body name="AB1" pos="0 -0.056 0" euler="0 0 0">

                <joint name="A" type="hinge" axis="0 0 1" stiffness="0"
springref="0" damping="0.1"/>
                    <geom name="point A" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.015
0.015" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                    <geom name="link AB" type="cylinder" pos="0 -0.0364 0" size="0.01
0.0364" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="90 0 0" contype="0"/>
                    <site name="sB1" size="0.01" pos="0 -0.0728 0"/>


```

```

        </body>

    </body>

    <body name="CB2" pos="0.056 0 0.5" euler="-90 0 0">

        <joint name="C" type="hinge" axis="0 0 1" stiffness="0" springref="0"
damping="0.1"/>
            <geom name="point C" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.015 0.015"
rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                <geom name="link CB" type="cylinder" pos="0 -0.042 0" size="0.01
0.042" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="90 0 0" contype="0"/>
                    <site name="sB2" size="0.01" pos="0 -0.084 0"/>

    </body>

    <body name="DB3" pos="0.336 0 0.5" euler="-90 0 0">

        <joint name="D" type="hinge" axis="0 0 1" stiffness="0" springref="0"
damping="0.1"/>
            <geom name="point D" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.015 0.015"
rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>

        <body name="slider" pos="-0.28 0 0" euler="0 0 0">

            <joint name="slide" type="slide" axis="1 0 0" range="0 1"
damping="0.1"/>
                <geom name="link DB" type="cylinder" pos="0.14 0 0" size="0.01
0.14" rgba="0.62 0.1 0.62 0.5" euler="0 90 0" contype="0"/>
                    <site name="sB3" size="0.01" pos="0 0 0"/>

    </body>

</body>

</worldbody>

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

<actuator>
    <position joint="slide" ctrlrange="-0.3 0.03" ctrllimited="true"
kp="1000"/>
</actuator>

<sensor>
    <jointpos name="0" joint="0"/>
</sensor>
```

</mjoco>