

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

Лабораторная работа №3
по дисциплине
«Имитационное моделирование робототехнических систем»

Студент:
Группа № R4133c

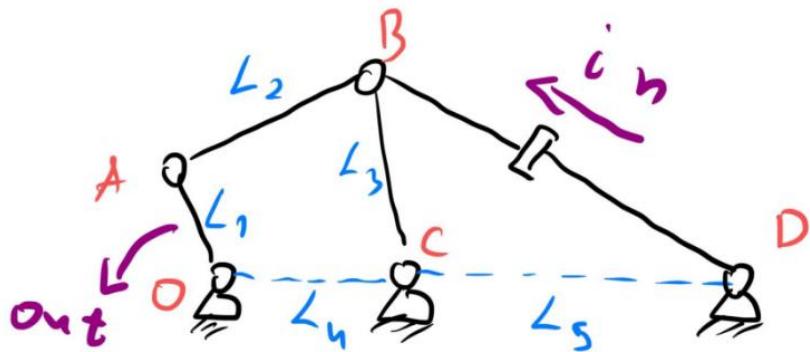
M. V. Рогальский

Преподаватель:
Ассистент ФСУиР

E. A. Ракшин

Санкт-Петербург 2025

Задача: смоделировать модель замкнутой кинематики «Оптимус», представленную на рисунке ниже, используя среду MuJoCo с методами model, data, viewer.

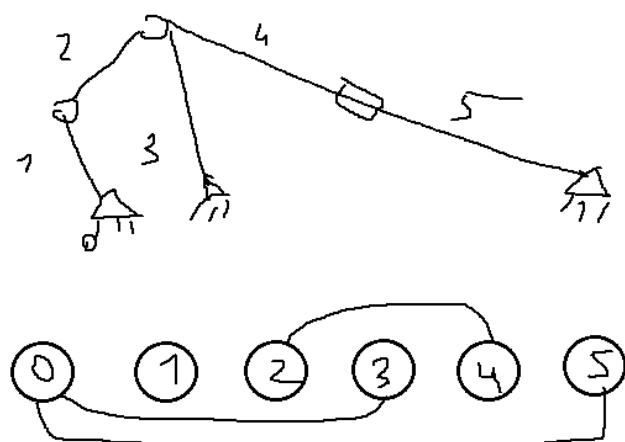


Данные по варианту (506153):

| OPTIMUS parameters | | | | |
|--------------------|--------|--------|-------|-------|
| L1, m | L2, m | L3, m | L4, m | L5, m |
| 0.069 | 0.0897 | 0.1035 | 0.069 | 0.345 |

Ход работы:

1. Как можем видеть, механизм представляет собой 4 звена OA, AB, CB, BD с 5-ю точками для каждой буквы соответственно. Для выполнения в MuJoCo такой замкнутой кинематики разобьем модель на 3 составляющие, соединяющиеся в точке B: OAB1, CB2, DFB3 (F – слайдер). А после соединим их через equality connect site. Кинематическая схема представлена ниже.



2. Пишем .xml с тремя body:

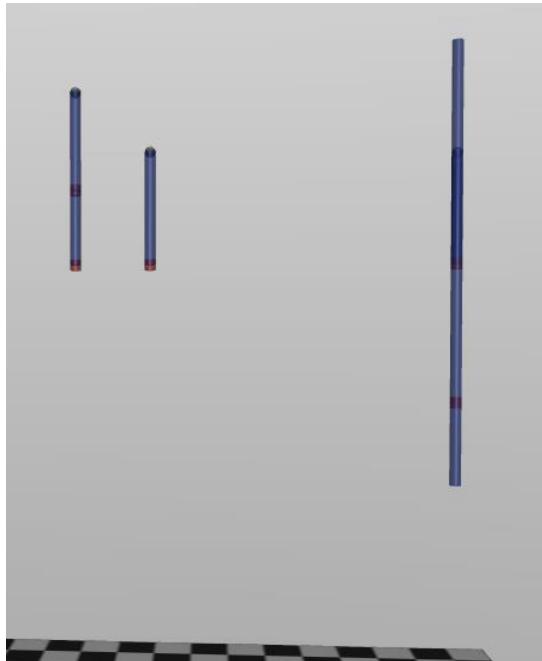
```
<body name="OAB1" pos="0 0 0.5" euler="0 0 0">
    <joint name="O" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
    <geom name="point O" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005 0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
    <geom name="link OA" type="cylinder" pos="0 0 0.0345" size="0.005 0.0345" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
    <body name="AB1" pos="0 0 0.069" euler="0 0 0">
        <joint name="A" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0" springref="0" damping="0.1"/>
        <geom name="point B" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005 0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
        <geom name="link AB1" type="cylinder" pos="0 0 0.04485" size="0.005 0.04485" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
        <site name="sC1" size="0.005" pos="0 0 0.0897"/>
    </body>
</body>

<body name="CB2" pos="0.069 0 0.5" euler="0 0 0">
    <joint name="C" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0" springref="0" damping="0.1"/>
    <geom name="point C" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005 0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
    <geom name="link CB2" type="cylinder" pos="0 0 0.05175" size="0.005 0.05175" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
    <site name="sC2" size="0.005" pos="0 0 0.1035"/>
</body>

<body name="DFB3" pos="0.345 0 0.5" euler="0 0 0">
    <joint name="D" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
    <geom name="point D" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005 0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
    <geom name="link DB3" type="cylinder" pos="0 0 0.1" size="0.005 0.1" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
    <body name="FB3" pos="0 0 0.075" euler="0 0 0">
        <joint name="slider" type="slide" axis="0 1 0" limited="true" range="-0.2 0.2" stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
        <geom name="point B3" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005 0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
        <geom name="link FB3" type="cylinder" pos="0 0 0.075" size="0.005 0.15" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
    </body>
</body>
```

```
<site name="sC3" size="0.005" pos="0 0 0.225"/>  
</body>  
</body>
```

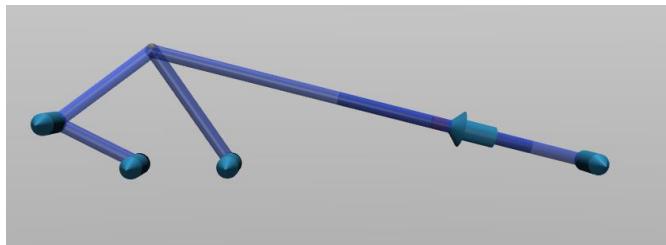
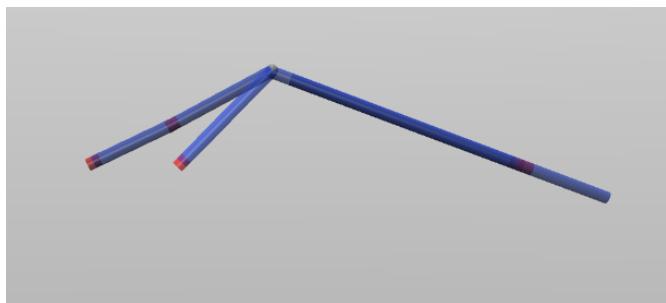
Выглядит так:

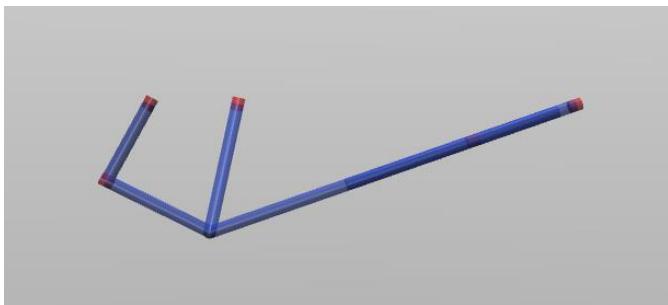
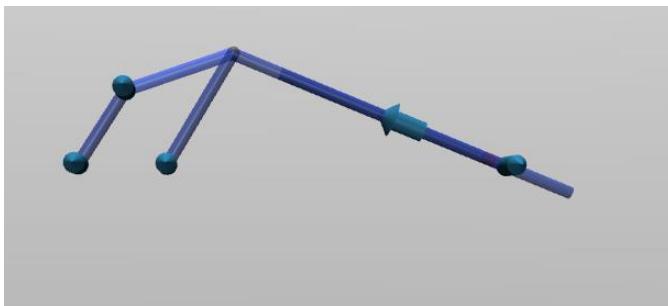


Далее соединим их:

```
<equality>  
  <connect site1="sC1" site2="sC2"/>  
  <connect site1="sC1" site2="sC3"/>  
</equality>
```

И получаем модель:





Вывод:

Реализован в среде MuJoCo механизм замкнутой кинематики с вращательными в плоскости сочленениями и слайдером. Соединены звенья и было выполнено тестирование посредством вращения механизма.

Листинг optimus.xml:

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<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"/>

        <body name="OAB1" pos="0 0 0.5" euler="0 0 0">
```

```

        <joint name="0" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0"
springref="0" damping="0"/>
            <geom name="point 0" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005
0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                <geom name="link 0A" type="cylinder" pos="0 0 0.0345" size="0.005
0.0345" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>

            <body name="AB1" pos="0 0 0.069" euler="0 0 0">

                <joint name="A" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0"
springref="0" damping="0.1"/>
                    <geom name="point B" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005
0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                        <geom name="link AB1" type="cylinder" pos="0 0 0.04485"
size="0.005 0.04485" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                            <site name="sC1" size="0.005" pos="0 0 0.0897"/>

            </body>

        </body>

<body name="CB2" pos="0.069 0 0.5" euler="0 0 0">

    <joint name="C" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0"
springref="0" damping="0.1"/>
        <geom name="point C" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005 0.005"
rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
            <geom name="link CB2" type="cylinder" pos="0 0 0.05175" size="0.005
0.05175" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                <site name="sC2" size="0.005" pos="0 0 0.1035"/>

    </body>

<body name="DFB3" pos="0.345 0 0.5" euler="0 0 0">

    <joint name="D" type="hinge" axis="0 -1 0" stiffness="0"
springref="0" damping="0"/>
        <geom name="point D" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005 0.005"
rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
            <geom name="link DB3" type="cylinder" pos="0 0 0.1" size="0.005 0.1"
rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>

    <body name="FB3" pos="0 0 0.075" euler="0 0 0">

        <joint name="slider" type="slide" axis="0 0 1" limited="true"
range="-0.2 0.2" stiffness="0" springref="0" damping="0"/>
            <geom name="point B3" type="cylinder" pos="0 0 0" size="0.005
0.005" rgba="0.89 0.14 0.16 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                <geom name="link FB3" type="cylinder" pos="0 0 0.075" size="0.005
0.15" rgba="0.21 0.32 0.82 0.5" euler="0 0 0" contype="0"/>
                    <site name="sC3" size="0.005" pos="0 0 0.225"/>

    </body>

```

```
</body>

</worldbody>

<equality>
    <connect site1="sC1" site2="sC2"/>
    <connect site1="sC1" site2="sC3"/>
</equality>

</mjoco>
```

Листинг запуска main.py:

```
import time

import mujoco
import mujoco.viewer

paused = False

def key_callback(keycode):
    if chr(keycode) == ' ':
        global paused
        paused = not paused

m = mujoco.MjModel.from_xml_path('optimus.xml')
d = mujoco.MjData(m)

with mujoco.viewer.launch_passive(m, d, key_callback=key_callback) as viewer:

    start = time.time()
    while viewer.is_running():
        step_start = time.time()

        if not paused:
            mujoco.mj_step(m, d)

            with viewer.lock():
                viewer.opt.flags[mujoco.mjtVisFlag.mjVIS_CONTACTPOINT] =
int(d.time % 2)

        viewer.sync()
        time_until_next_step = m.opt.timestep - (time.time() - step_start)
        if time_until_next_step > 0:
            time.sleep(time_until_next_step)
```