



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет

информационных технологий, механики и оптики»

Факультет Систем управления и робототехники

Лабораторная работа №3

по дисциплине

«Имитационное моделирование робототехнических систем»

Выполнил:

Студент группы R4135с

Дуль Ян Сергеевич

Преподаватель:

Ракшин Егор Александрович

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

1	Введение	3
2	Ход работы	4
	2.1 Модель механизма	4
	2.2 Листинг	5
	2.2.1 Листинг mjsf-модели	5
3	Выводы	8

1 Введение

В данной лабораторной работе необходимо построить MJCF-модель механизма в MuJoCo в соответствии с вариантом. Далее промоделировать работу механизма с помощью Python.

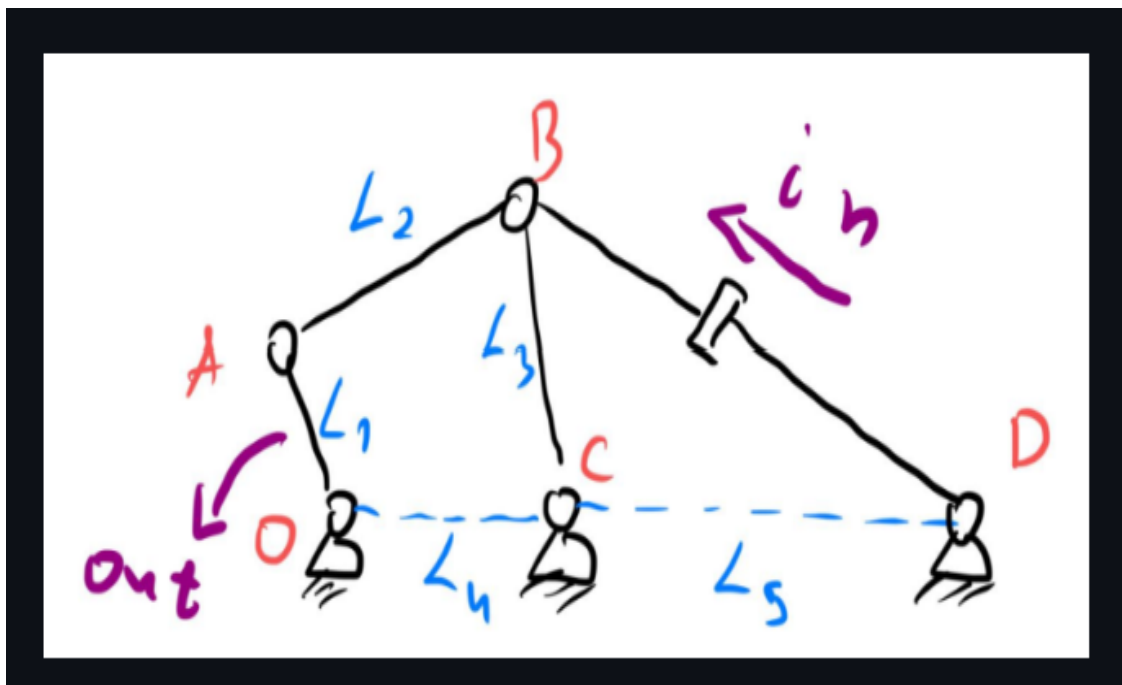


Рисунок 1 — Схема коленного механизма

Длины звеньев: $L_1 = 0.056$, $L_2 = 0.0728$, $L_3 = 0.084$, $L_5 = 0.056$, $L_4 = 0.28$.

2 Ход работы

2.1 Модель механизма

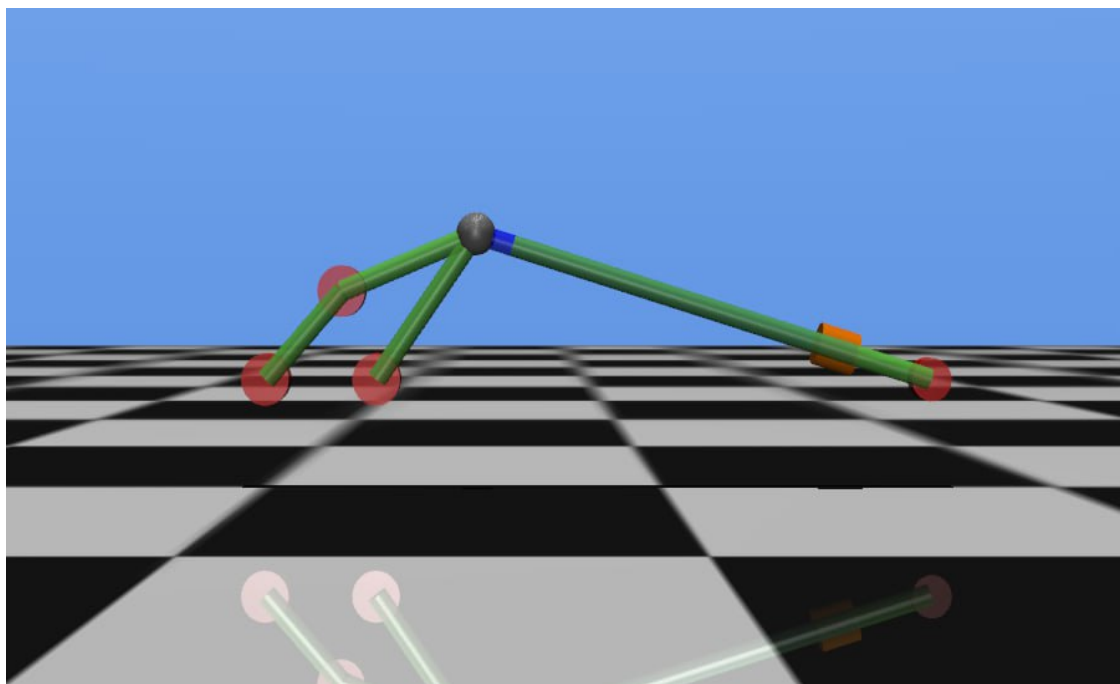


Рисунок 2 — Механизм в среде моделирования Муџосо

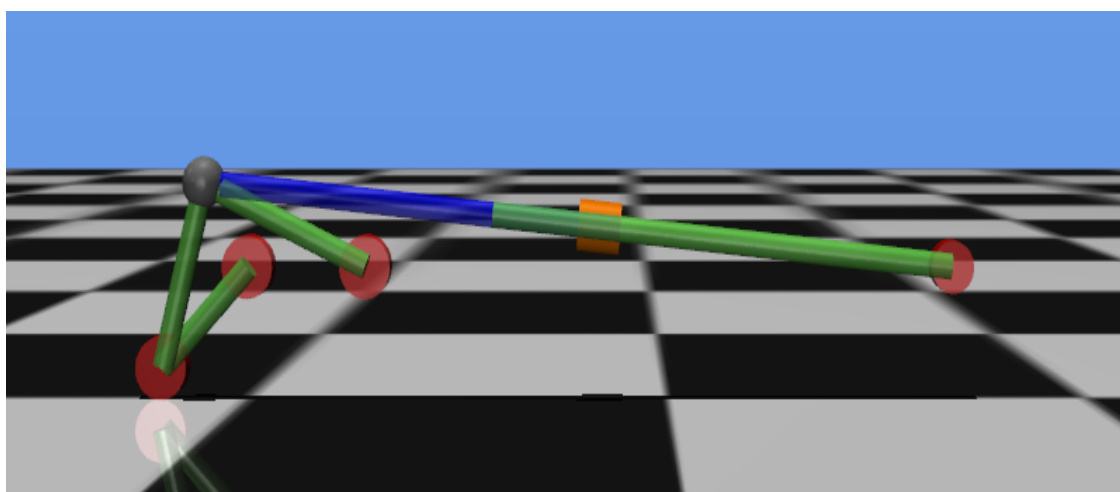


Рисунок 3 — Механизм в среде моделирования Муџосо

Я разбил механизм на три тела: АОВ, СВ и тело с управлением - DB. Для управления в звене DB был добавлен слайдер и на него актуатор типа мотор. Для корректной работы механизма я ограничил углы поворотов джоинтов, чтобы система не попадал в сингулярные положения. Соединение тел в точке В я сделал с помощью блоков <connect>.

2.2 Листинг

2.2.1 Листинг mjcf-модели

```
1 <mujoco model="optimus_knee">
2   <option timestep="1e-4" gravity="0 0 -9.81"/>
3
4   <asset>
5     <texture type="skybox" builtin="gradient" rgb1="0.6 0.8 1" rgb2="0.2 0.4
6       0.8" width="300" height="300"/>
7     <texture name="grid" type="2d" builtin="checker" rgb1="0.1 0.1 0.1"
8       rgb2="0.9 0.9 0.9" width="150" height="150"/>
9     <material name="grid" texture="grid" texrepeat="10 10" reflectance="0.2"/>
10  </asset>
11
12  <worldbody>
13    <light name="top" pos="0 0 10"/>
14    <body name="ground" pos="0 0 0">
15      <geom type="plane" size="2 2 0.1" material="grid"/>
16    </body>
17
18    <body name="OAB" pos="0 0 0.05" euler="90 0 90">
19      <joint name="O" type="hinge"
20        axis="0 0 1" stiffness="0"
21        springref="0" damping="0.02" limited="true" range="-60 135"/>
22      <geom name="point O" type="cylinder"
23        size="0.012 0.005" rgba="1 0 0 0.5"
24        euler="0 0 0" contype="0"/>
25      <geom name="link OA" type="cylinder"
26        size="0.005 0.028"
27        rgba="0.4 0.8 0.3 0.8"
28        contype="0" euler="0 90 0" pos="0.028 0 0"/>
29    <body name="AB" pos="0.056 0 0">
30      <joint name="A" type="hinge"
31        axis="0 0 1" stiffness="0"
32        springref="0" damping="0.02" limited="true" range="-150 -30"/>
33      <geom name="point A" type="cylinder"
34        size="0.012 0.005" rgba="1 0 0 0.5"
35        euler="0 0 0" contype="0"/>
36      <geom name="link AB" type="cylinder"
37        size="0.005 0.0364" rgba="0.4 0.8 0.3 0.8"
38        contype="0" euler="0 90 0" pos="0.0364 0 0"/>
39      <site name="B1" size="0.01" pos="0.0728 0 0"/>
40    </body>
41  </body>
42
43  <body name="CB" pos="0.056 0 0.05" euler="90 0 90">
44    <joint name="C" type="hinge"
```

```

42         axis="0 0 1" stiffness="0"
43         springref="0" damping="0.02" limited="true" range="-75 68"/>
44     <geom name="point C" type="cylinder"
45         size="0.012 0.005" rgba="1 0 0 0.5"
46         euler="0 0 0" contype="0"/>
47     <geom name="link CB" type="cylinder"
48         size="0.005 0.042"
49         rgba="0.4 0.8 0.3 0.8"
50         contype="0" euler="0 90 0" pos="0.042 0 0"/>
51     <site name="B2" size="0.01" pos="0.084 0 0"/>
52 </body>
53 <body name="DB" pos="0.336 0 0.05" euler="90 0 90">
54     <joint name="D" type="hinge"
55         axis="0 0 1" stiffness="0"
56         springref="0" damping="0.02" limited="true" range="0 85"/>
57     <geom name="point D" type="cylinder"
58         size="0.01 0.005" rgba="1 0 0 0.5"
59         euler="0 0 0" contype="0"/>
60     <geom name="link DS" type="cylinder"
61         size="0.005 0.11"
62         rgba="0.4 0.8 0.3 0.8"
63         contype="0" euler="0 90 0" pos="0.11 0 0"/>
64     <body name="slider SB" euler="0 0 0" pos="0.02 0 0">
65         <joint name="S" type="slide"
66             axis="1 0 0" stiffness="0"
67             springref="0" limited="true"
68             range="0 0.16"/>
69         <geom name="point S" type="cylinder"
70             size="0.01 0.01" rgba="1 0.5 0 0.9"
71             euler="0 90 0" contype="0" pos="0.01 0 0"/>
72         <geom name="link SB" type="cylinder"
73             euler="0 90 0" pos="0.1 0 0"
74             size="0.005 0.1" rgba="0 0 1 0.5"/>
75         <site name="B3" size="0.01" pos="0.2 0 0"/>
76     </body>
77 </body>
78 </worldbody>
79
80 <equality>
81     <connect site1="B1" site2="B2" solimp="0.99 0.999 0.01" solref="0.008
82         0.4"/>
83     <connect site1="B2" site2="B3" solimp="0.99 0.999 0.01" solref="0.008
84         0.4"/>
85 </equality>
86
87 <actuator>

```

```
86     <motor name="slider motor" joint="S" gear="1"/>
87 </actuator>
88
89 <sensor>
90     <jointpos name="O_ang" joint="O"/>
91     <jointvel name="O_vel" joint="O"/>
92     <framepos name="B_pos" objtype="site" objname="B1"/>
93 </sensor>
94 </mujoco>
```

3 Выводы

Mujoco является сильным физическим движком. Его преимущества - хорошая документация, собственный xml-native формат моделей и уникальное моделирование контакта. API на языке python делает его еще более удобным для инженеров. Однако в ходе работы я заметил, что на процессорах AMD ломается viewer Mujoco. Почитав в интернете, я могу сделать вывод, что это баг, на который разработчики уже обратили внимание. Однако, учитывая, что проект является open-source, это мелочь.