

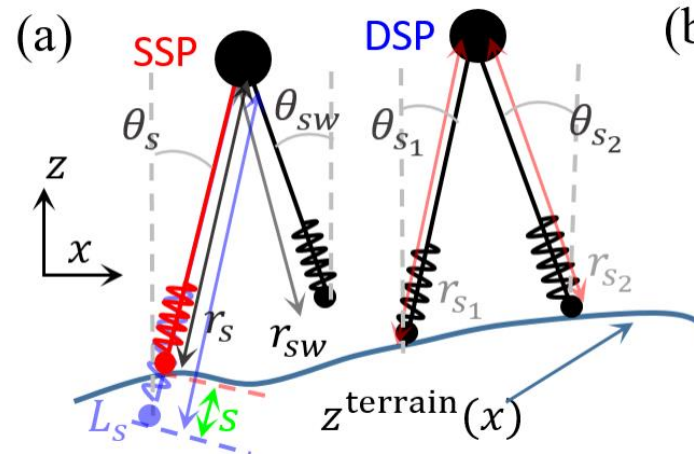
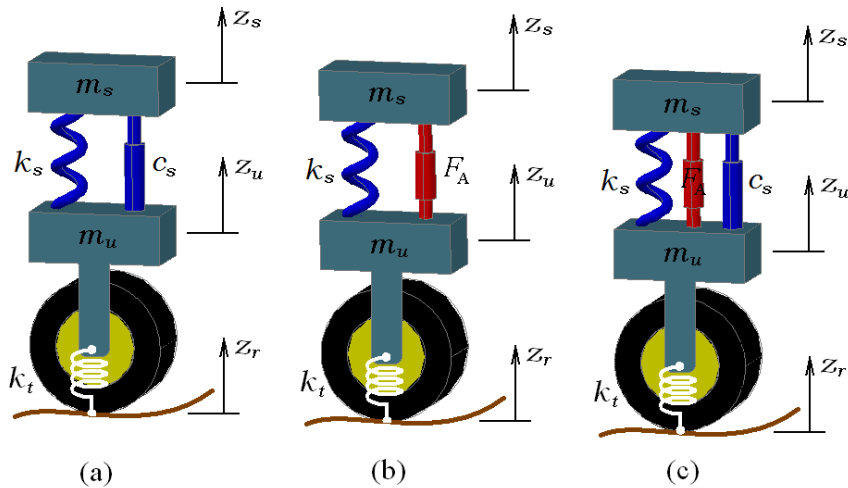
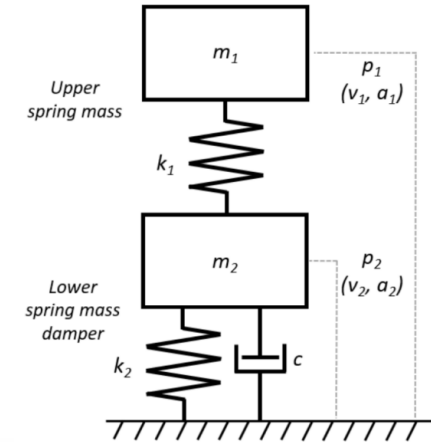
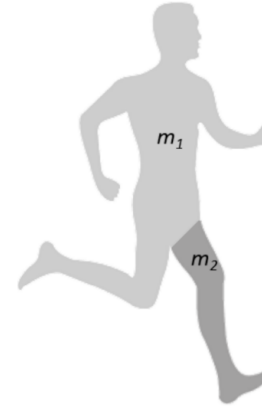
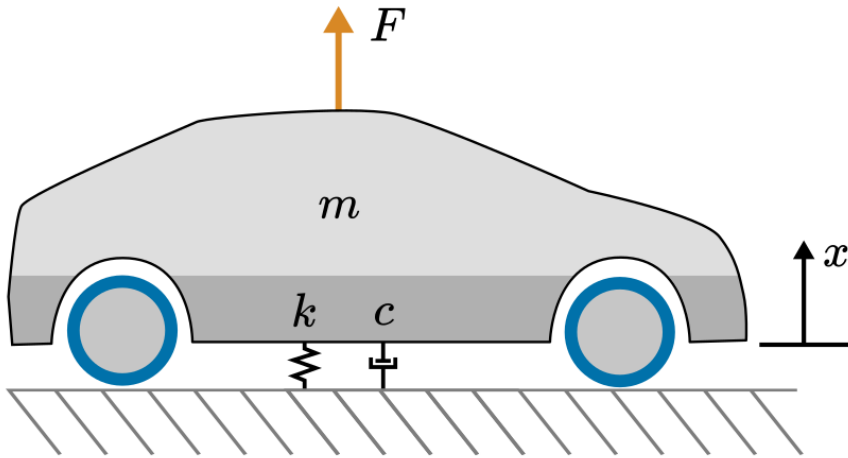
# Моделирование одномерной системы Modeling and simulation of 1D system

Имитационное моделирование Робототехнических Систем  
Simulation of Robotic Systems

Ivan Borisov

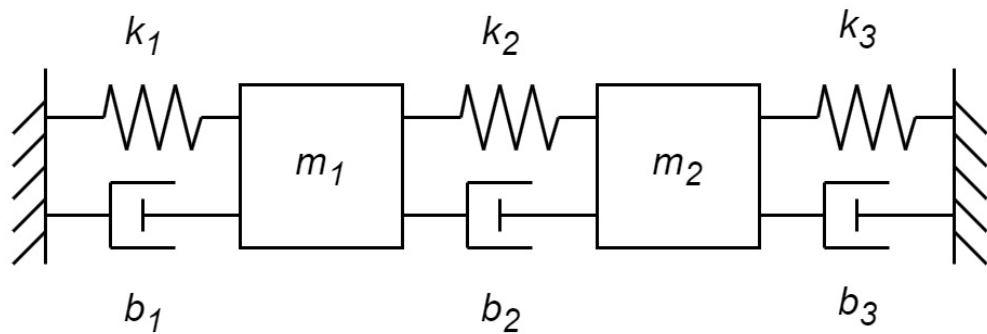
Practice task 1

# Мотивация / Motivation

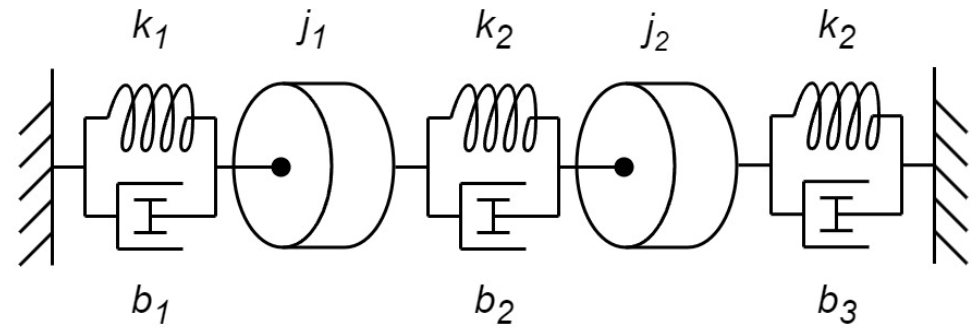


# Варианты обязательного задания

## Variants of mandatory task



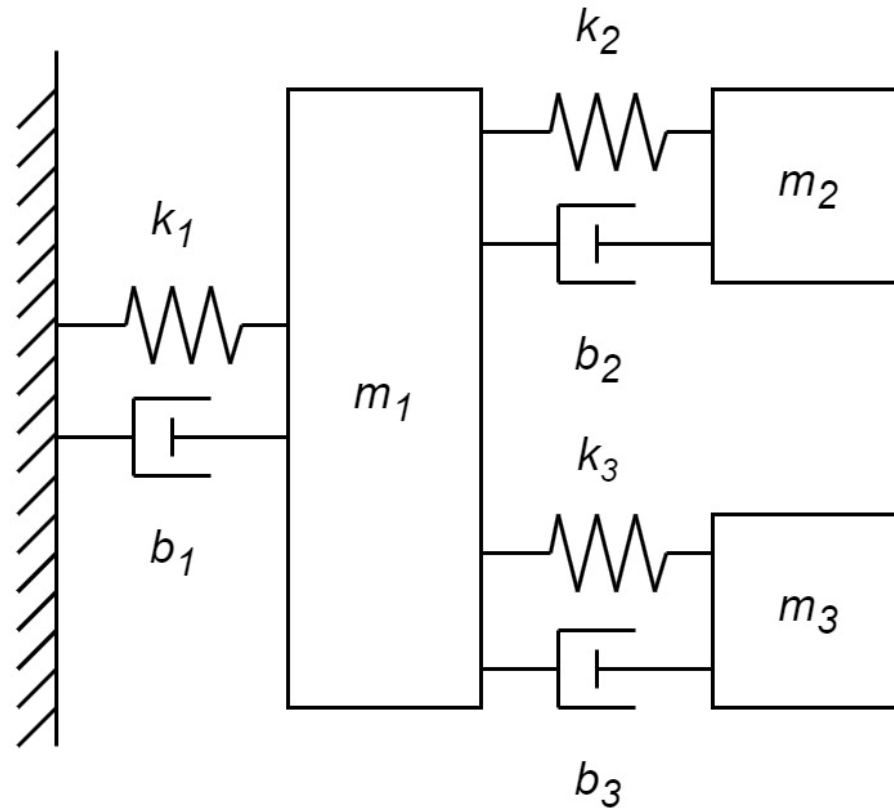
Система типа «0»  
Schematic type «0»



Система типа «1»  
Schematic type «1»

# Дополнительное задание

## Extra task



+ 3 балла

+ 3 extra points

# Задание

1. Вывести в аналитическом виде уравнение динамики системы
2. Собрать имитационную модель из блоков MATLAB Simulink
3. Собрать имитационную модель из блоков MATLAB Simscape
4. Сравнить поведений моделей посредством:
  1. Отклонения от положения равновесия тела  $x$ ,  $2x$ ,  $5x$ . Величина отклонения  $x$  выражена в метрах или радианах, значение выбирается самостоятельно
  2. Импульсного внешнего воздействия.
    - сила импульса воздействия 10 Н
    - длительность импульса 0,5 сек

# Task

1. To derive the equation of system dynamics in an analytical form
2. Build a simulation model from MATLAB Simulink blocks
3. Build a simulation model from MATLAB Simscape blocks
4. Compare model behaviors by:
  1. Deviations from the equilibrium position of the body on  $x$ ,  $2x$ , and  $5x$ , where value  $x$  is expressed in meters or radians, and selected by you
  2. Pulse external load
    1. the impact pulse strength is 10 N
    2. the pulse duration is 0.5 sec

# Report. What is the must?

- Report in livescript
- Problem statement
- Relevant equation & description
  - Latex implementation
- Plots
  - Position and velocity of bodies
  - Spring and damper forces
  - Comparation between Simulink and Simscape models
- Reflection and Discussions

# Отчет. Что обязательно?

- Отчет в лайфскрипте
- Постановка задачи
- Соответствующее уравнение и описание
  - Формулы в Latex
- Графики
  - Положение и скорость тел
  - Усилия пружины и демпфера
- Сравнение моделей Simulink и Simscape
- Размышления и обсуждения



# Источники / References

1. Daniel E. Koditschek and Martin Buehler, "Analysis of a Simplified Hopping Robot", International Journal of Robotics Research, vol. 10, no. 6, pp. 587-605, Dec, 1991.
2. Philip Holmes and Robert J. Full and Dan Koditschek and John Guckenheimer, "The Dynamics of Legged Locomotion: Models, Analyses, and Challenges", Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) Review, vol. 48, no. 2, pp. 207--304, 2006.
3. Hartmut Geyer, "Simple models of legged locomotion based on compliant limb behavior", PhD thesis, University of Jena, 2005.
4. Chen, Hua & Wensing, Patrick & Zhang, Wei. (2019). Optimal Control of a Differentially Flat 2D Spring Loaded Inverted Pendulum Model. IEEE Robotics and Automation Letters. PP. 1-1. 10.1109/LRA.2019.2956457.
5. Nedergaard, N. J., Verheul, J., Drust, B., Etchells, T., Lisboa, P., Robinson, M. A., & Vanrenterghem, J. (2018). The feasibility of predicting ground reaction forces during running from a trunk accelerometry driven mass-spring-damper model. PeerJ, 6, e6105. doi:10.7717/peerj.6105
6. Hendrowati, Wiwiek. (2012). Design, Modeling and Analysis of Implementing a Multilayer Piezoelectric Vibration Energy Harvesting Mechanism in the Vehicle Suspension. Engineering. 04. 728-738. 10.4236/eng.2012.411094.
7. Verheul, Jasper & Nedergaard, Niels & Pogson, Mark & Lisboa, P.j.g & Gregson, Warren & Vanrenterghem, Jos & Robinson, Mark. (2021). Biomechanical loading during running: can a two mass-spring-damper model be used to evaluate ground reaction forces for high-intensity tasks?. Sports Biomechanics. 20. 571-582. 10.1080/14763141.2019.1584238.
8. Cai, Yiqing & Chen, Lihua & Yu, Winnie & Zhou, Jie & Wan, Frances & Suh, Minyoung & Chow, Daniel. (2017). A piecewise mass-spring-damper model of the human breast. Journal of Biomechanics. 67. 10.1016/j.jbiomech.2017.11.027.
9. Xiong, Xiaobin & Ames, Aaron. (2021). SLIP Walking over Rough Terrain via H-LIP Stepping and Backstepping-Barrier Function Inspired Quadratic Program. IEEE Robotics and Automation Letters. PP. 1-1. 10.1109/LRA.2021.3061385.