

# Выпускная квалификационная работа

Система физического моделирования на основе  
априорного подхода обнаружения столкновений

Владислав Прекель

ИКИТ СФУ  
КИ18-166

Красноярск  
20 июня 2022 г.

# Априорный подход

Основан на том, что можно найти время столкновения через уравнение (1):

$$distance(t) = r_1 + r_2 \quad (1)$$

где  $distance(t)$  – расстояние между центрами двух тел в момент времени  $t$ ;

$r_1$  – радиус первого тела;

$r_2$  – радиус второго тела.

**Целью выпускной квалификационной работы** является разработка физического движка, использующего априорный подход для обнаружения столкновений.

# 1 Теоретические сведения

$$\vec{a} = -\frac{\vec{v}_0}{|\vec{v}_0|} \mu g \quad (2)$$

$$x(t) = \begin{cases} x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}, & 0 \leq t < \frac{|\vec{v}_0|}{|\vec{a}|}, \\ x_0 + \frac{v_{0x}|\vec{v}_0|}{|\vec{a}|} + \frac{a_x |\vec{v}_0|^2}{2|\vec{a}|^2}, & t \geq \frac{|\vec{v}_0|}{|\vec{a}|}. \end{cases} \quad (3)$$

$$y(t) = \begin{cases} y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2}, & 0 \leq t < \frac{|\vec{v}_0|}{|\vec{a}|}, \\ y_0 + \frac{v_{0y}|\vec{v}_0|}{|\vec{a}|} + \frac{a_y |\vec{v}_0|^2}{2|\vec{a}|^2}, & t \geq \frac{|\vec{v}_0|}{|\vec{a}|}. \end{cases} \quad (4)$$

$$\sqrt{(x_1(t) - x_2(t))^2 + (y_1(t) - y_2(t))^2} = r_1 + r_2 \quad (5)$$

где  $x(t)$ ,  $y(t)$  – координаты положения тела в момент времени  $t$ ;

$x_0$ ,  $y_0$  – координаты начального положения тела;

$\vec{v}_0$  – вектор начальной скорости тела;

$\vec{a}$  – вектор ускорения тела;

$m$  – масса тела;

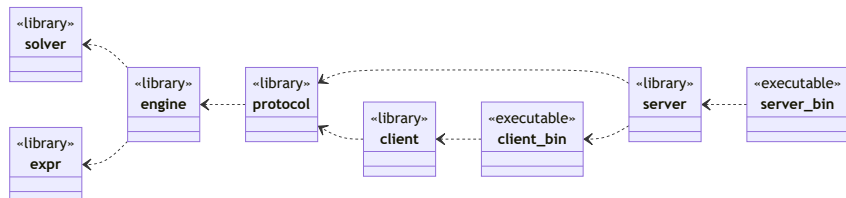
$\mu$  – коэффициент трения тела;

$r$  – радиус тела.

## 2 Используемые технологии


- ▶ OCaml – язык программирования;
- ▶ Js\_of\_ocaml – компилятор OCaml в JavaScript;
- ▶ Lwt – библиотека для конкурентного программирования;
- ▶ Core – стандартная библиотека;
- ▶ Dream – web-фреймворк;
- ▶ ppx\_inline\_test, ppx\_expect – библиотеки юнит-тестирования;
- ▶ Sexplib – библиотека для сериализации и десериализации S-выражений;
- ▶ Bulma – CSS-фреймворк;
- ▶ Dune, opam – система сборки и пакетный менеджер;
- ▶ VS Code, OCaml Platform – среда разработки и плагин для работы с OCaml.

### 3 Программная реализация



Название подпроекта	Описание	Пункт и стр. ВКР
solver	Численное решение алгебраических уравнений	3.1, с. 31
expr	Символьные вычисления	3.2, с. 34
engine	Движок	3.3, с. 39
client	Клиентская часть приложения	3.4, с. 47
client_bin		
protocol	Общая часть приложения	3.5, с. 50
server	Серверная часть приложения	
server_bin		

# 4 Интерактивная демонстрация возможностей

chapgame 

Offline Online

**State**  

Copy/Paste Clear Stats

**Time** 30.28  

-1 0 +1

 30.27

**Calculation**  $\infty$   

☒ Time 10.00  
☒ Quantity 25

**Speed** 1.00  

-0.1 -1x || 1x +0.1

 1.00

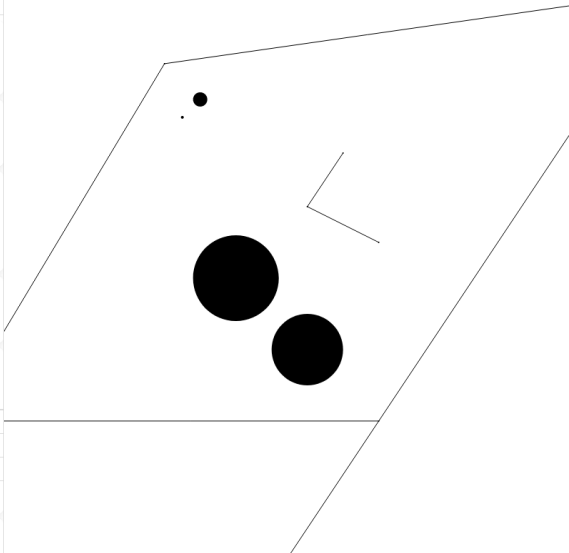
**Bodies**


Add

id		x	y	$\mu$	m	r
0		500.00	500.00	30.00	10800.00	60.00
1		600.00	600.00	20.00	7500.00	50.00
2		450.00	250.00	10.00	300.00	10.00
3		425.00	275.00	50.00	12.00	2.00

**Lines**

Add



chapgame 

Offline Online

**State**

Copy/Paste Clear Stats

**Time** 38.80


-1 0 +1 38.78


**Calculation** 47.87

☒ Time 10.00


☒ Quantity 25

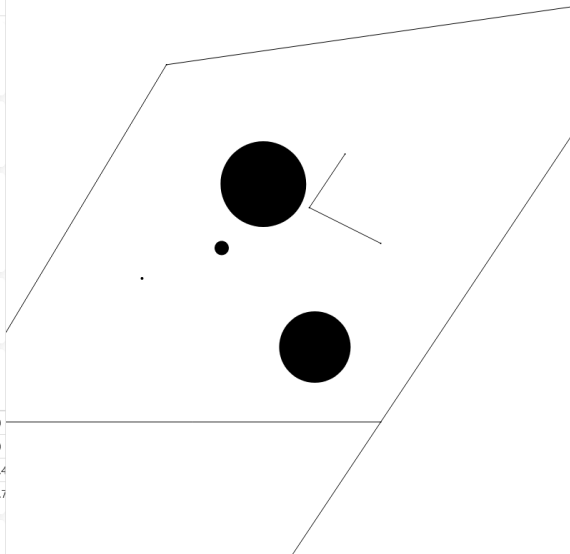
**Speed** 1.00

-0.1 -1x  1x +0.1 1.00

**Bodies** 

	$\mu$	$m$	$r$	$v_x$	$v_y$	$ v $
06	30.00	10800.00	60.00	0.00	0.00	0.00
08	20.00	7500.00	50.00	0.00	0.00	0.00
01	10.00	300.00	10.00	176.02	-220.92	282.4
04	50.00	12.00	2.00	534.77	-341.99	634.7

**Lines** 





# Решённые задачи

Были выполнены все поставленные задачи, а именно:

- ▶ в разделе 1 определена модель и систематизирована математическая база, требующаяся для реализации движка;
- ▶ в разделе 2 проведён обзор используемых технологий при разработке;
- ▶ в разделе 3 описана программная реализация физического движка и интерактивной демонстрацию его работы;
- ▶ в разделе 4 продемонстрирована работа движка на примерах и обозначены возможности развития.

# Выпускная квалификационная работа

Система физического моделирования на основе  
априорного подхода обнаружения столкновений

Владислав Прекель

ИКИТ СФУ  
КИ18-166

Красноярск  
20 июня 2022 г.