

# Кубок VI ЛФИ

10.s06.e01

— На чьей ты стороне?

— А где выгодно?

— У меня есть корабль!

— Получается, с тобой выгодно.

— Славный малый.

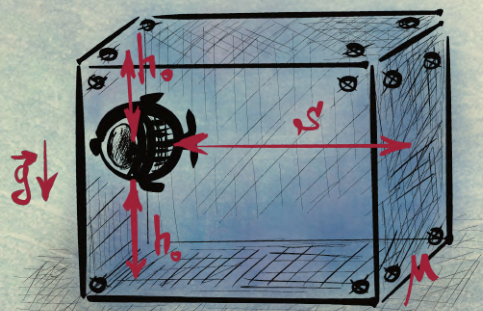
*Пираты Карибского моря: На краю Света*

## Муравьишка-Voyageur и батискаф

Муравьишка-Путешественник, исследовав весь доступный материк, решил отправиться за его пределы. Ввиду счастливого стечения обстоятельств наш герой, завтракая крошками от круассана и капельками капучино на скатерти кафе на Монмартре и читая свежий (как и круассан) выпуск журнала «Elle», наткнулся на любопытную статью. В ней говорилось о том, что британские ученые совсем недавно обнаружили в океане неизвестный объект, размеры и скорость которого были больше, чем у кита, а сам он был очень похож на гигантского нарвала. Сразу после прочтения ежесть наш ушлый автостопщик решил: что бы это ни было, он обязан с этим подружиться и, возможно, если оно не будет против (а такого еще ни разу не случалось), прокатиться на нем до соседнего материка.

Чтобы это абсолютно случайное, незапланированное, неожиданное, интригующее, подводное ~~методеобрание~~ рандеву всё-таки случилось, Муравьишка начал искать решение проблемы своей аблутофобии и других, не таких значительных препятствий, как отсутствие жабр и плавников. Встав на путь преодоления страха, он начал искать подходящий инструментарий. В колонке «купля-продажа», рядом с объявлением «продам гараж» и «запилю дверь», наш герой нашел небольшую заметку о продаже подержанного батискафа «Denise». Раздобыв необходимую сумму и совершив сделку по приобретению батискафа, он быстро понял — оставаться на материке для него больше не вариант и ему нужно срочно научиться пользоваться только что совершенной покупкой.

Для этой цели он поместил себя в батискаф, а батискаф — в закрытый со всех сторон аквариум, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда и заполненный до краев жидкостью плотностью  $\rho_{\text{ж}}$ . Аквариум находится на горизонтальной поверхности, коэффициент трения о которую равен  $\mu$ . Массы жидкости и корпуса аквариума равны  $M_{\text{ж}}$  и  $M_{\text{к}}$  соответственно. Объем батискафа  $V$ , его средняя плотность (вместе с Муравьишкой) равна  $\rho_{\text{м}}$ , а сам он находится около центра левой стенки сосуда.





Высота сосуда  $2h_0 + h_6$ , длина  $S + S_6$ , где  $h_6$ ,  $S_6$  — габариты батискафа<sup>1</sup>. Считайте, что во всех пунктах размеры батискафа не малы.

«Denise» достался Муравьишке с инструкцией на китайском языке, поэтому механизм его работы остался загадкой как для Муравьишки, так и для вас. Во всех пунктах скорость Муравьишки дана относительно неподвижной горизонтальной поверхности. После каждого эксперимента Муравьишка возвращает систему в исходное состояние (скорости всех тел нулевые, взаимное расположение одинаково). Жидкость несжимаема, турбулентными эффектами мы настоятельно рекомендуем пренебречь. Во всех пунктах движение происходит в плоскости, параллельной ближайшей к читателю стенке аквариума.

## Partie Un. Горизонтальная история

Для начала Муравьишка решил научиться плавать горизонтально. Нажав несколько кнопок в случайной последовательности, он почувствовал, что добился своей цели, и батискаф резко стартовал со скоростью  $v$ , направленной к противоположной стенке сосуда. Считая, что в процессе движения вектор скорости остается постоянным, найдите:

1. (0.5 балла) Модуль и направление скорости сосуда сразу после старта батискафа?
2. (0.5 балла) Чему равна минимальная длина  $S_{\min}$ , если он остановился до того, как «Denise» достиг противоположной стенки?
3. (1 балл) Считая длину  $S$  равной  $2S_{\min}$ , найдите работу сил давления на стенки аквариума в процессе движения батискафа от одной грани к другой.

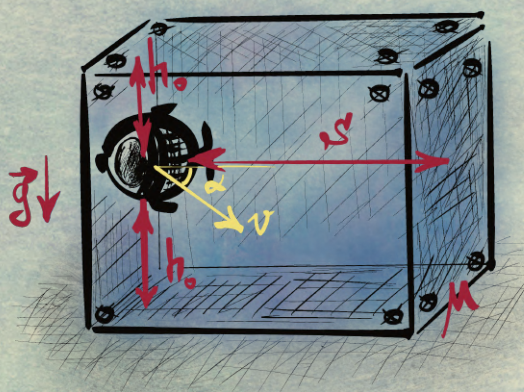
Считайте, что значения  $h_0$ ,  $M_{\text{ж}}$ ,  $M_{\text{к}}$ ,  $V$ ,  $\rho_{\text{ж}}$ ,  $\rho_{\text{м}}$ ,  $\mu$ ,  $v$  известны.

## Partie deux. Угольная история

Научившись направлять вектор скорости горизонтально, Муравьишка продолжил разбираться с рулевым управлением батискафа. В следующем эксперименте он сумел сделать так, что батискаф поплыл с постоянной по модулю и направлению скоростью, и попал точно в середину нижнего ребра. Вектор скорости образует угол  $\alpha = 44^\circ$  с горизонтом.

1. (2 балла) Чему равен коэффициент трения аквариума о стол?

Считайте, что в этом пункте  $h_0 = 1$  м, длина  $S = 1$  м, начальная скорость Муравьишки  $v = 1$  м/с, масса сосуда  $M_{\text{к}} = 200$  г, масса жидкости в сосуде  $M_{\text{в}} = 600$  г, плотность жидкости  $\rho_{\text{ж}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, средняя плотность Муравьишки (вместе с батискафом)  $\rho_{\text{м}} = 400$  кг/м<sup>3</sup>, объём Муравьишки (вместе с батискафом)  $V = 200$  мл, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



<sup>1</sup>Расстояния от самой верхней точки батискафа до верхней грани аквариума и от самой нижней точки батискафа до нижней грани аквариума равны  $h_0$ , расстояние от самой правой точки батискафа до противоположной стенки —  $S$ .



### Partie trois. Ударная история

Муравьишка продолжил свои тренировки и в следующем запуске смог направить начальную скорость батискафа  $v$  горизонтально, а в процессе движения управлять им так, что он двигался с постоянным ускорением  $g_0$ , направленным вертикально вниз. При встрече с дном сосуда вертикальная составляющая скорости Муравьишки меняется на противоположную, а горизонтальная остаётся неизменной. Аквариум испытывает трение о стол, коэффициент трения  $\mu$ . При этом аквариум движется всё время прямолинейно.

Масса сосуда  $M_k = 200$  г, масса жидкости в сосуде  $M_b = 600$  г, плотность жидкости  $\rho_{\text{ж}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, средняя плотность Муравьишки (вместе с батискафом)  $\rho_m = 2600$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент трения сосуда о стол  $\mu = 0.05$ , объём Муравьишки (вместе с батискафом)  $V = 200$  мл, длина  $S = 300$  см, начальное расстояние до дна сосуда  $h_0 = 5$  см, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

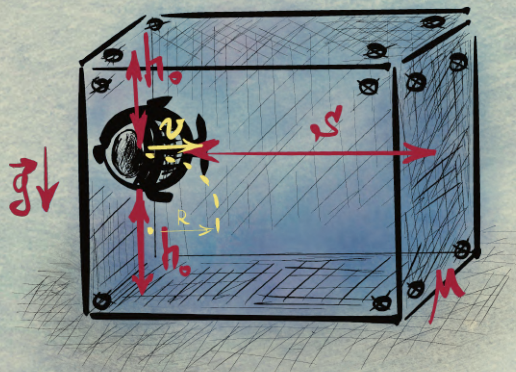
1. (2 балла) Чему равно время движения Муравьишки до правой стенки, если начальная скорость  $v = 2$  м/с, а ускорение  $g_0 = 5$  м/с<sup>2</sup>?
2. (2 балла) Чему равны максимальная и минимальная скорости сосуда (в зависимости от  $g_0$ ) непосредственно перед ударом Муравьишки о правую стенку, если начальная скорость Муравьишки  $v = 4$  м/с?

Ответ необходимо привести с точностью в 2 значащие цифры.

### Partie quatre. История про четвертак

Муравьишка полностью освоился с управлением батискафа и в этом эксперименте стал двигаться по четверти окружности со скоростью  $v$  так, что на краях траектории его скорость мгновенно изменяла свое направление на противоположное.

1. (2 балла) Доберётся ли Муравьишка до противоположной стенки? Если доберётся, то за какое время?



Масса сосуда  $M_k = 200$  г, масса жидкости в сосуде  $M_b = 600$  г, плотность жидкости  $\rho_{\text{ж}} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>, средняя плотность Муравьишки (вместе с батискафом)  $\rho_m = 2000$  кг/м<sup>3</sup>, коэффициент трения сосуда о стол  $\mu = 0.04$ , объём Муравьишки (вместе с батискафом)  $V = 200$  мл, длина  $S = 300$  см, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>, радиус четверти окружности  $R = 3$  см, скорость Муравьишки  $v = 2$  см/с.

P.S. Да это **тот самый** Муравьишка

Первый Хинт — 28.04.2025 20:00 (МСК)

Второй Хинт — 30.04.2025 12:00 (МСК)

Окончание Первого Эпизода — 02.05.2025 20:00 (МСК)

Разбор Первого Эпизода — 02.05.2025 20:00 (МСК)