

Кубок VI ЛФИ

11.s06.e01

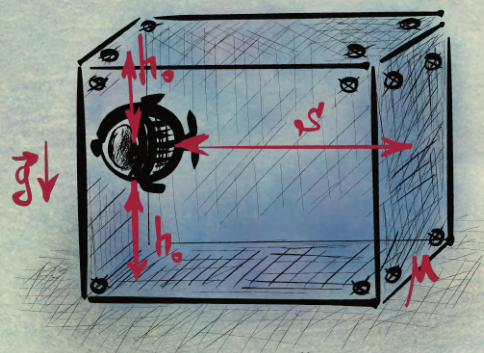
Плавают разными стилями, тонут - одним.

Эмиль Кроткий

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 randеву 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 μ . 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 батискафа¹. 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

¹Расстояния 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 .

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 , $\rho_{\text{ж}}$, $\rho_{\text{м}}$, μ , v известны.

Partie deux. История баллистическая

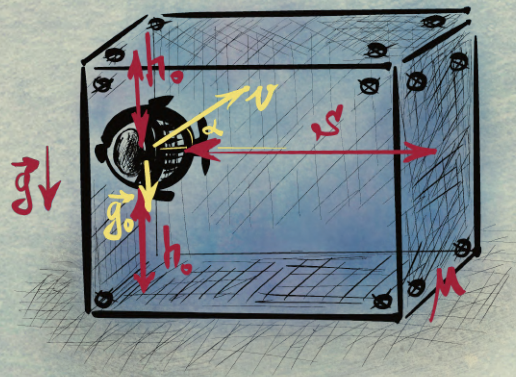
Муравьишка продолжил свои тренировки и в следующем запуске смог направить начальную скорость батискафа v под углом α ($0 < \alpha < 90^\circ$) к горизонту, а в процессе движения управлять им так, что он движется с постоянным ускорением g_0 , направленным вертикально вниз.

1. (3 балла) Найдите зависимость скорости аквариума сразу после первого соударения Муравьишки с гранью в зависимости от угла α .

Постройте график этой зависимости и приведите численные значения скорости для углов $\alpha_1 = 5^\circ$, $\alpha_2 = 10^\circ$, $\alpha_3 = 20^\circ$, $\alpha_4 = 40^\circ$, $\alpha_5 = 88^\circ$.

При встрече с гранью аквариума Муравьишка отталкивается от неё и меняет перпендикулярную грани проекцию скорости на противоположную, а параллельную оставляет неизменной.

Считайте, что в этом пункте начальная скорость Муравьишки $v = 2$ м/с, масса корпуса сосуда $M_{\text{к}} = 200$ г, масса жидкости в сосуде $M_{\text{в}} = 600$ г, плотность жидкости $\rho_{\text{ж}} = 1000$ кг/м³, средняя плотность «Denise» вместе с Муравьишкой $\rho_{\text{м}} = 1400$ кг/м³, коэффициент трения сосуда о стол $\mu = 0.02$, объём батискафа вместе с Муравьишкой $V = 200$ мл, длины $S = 30$ см и $h_0 = 5$ см, ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², ускорение Муравьишки $g_0 = 9$ м/с².



Partie trois. Ударная история

Муравьишка начинает движение с горизонтальной скоростью v . Ускорение Муравьишки равно g_0 и направлено вертикально вниз. При встрече с дном сосуда вертикальная составляющая скорости Муравьишки меняется на противоположную, а горизонтальная остаётся неизменной. Аквариум испытывает трение об стол, коэффициент трения μ . 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/м³, средняя плотность Муравьишки (вместе с батискафом) $\rho_m = 2600$ кг/м³, 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/с².

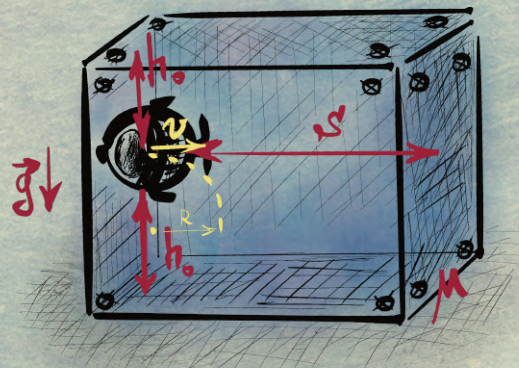
1. (1.5 балла) Чему равно время движения Муравьишки до правой стенки, если начальная скорость $v = 2$ м/с, а ускорение $g_0 = 5$ м/с²?
2. (1.5 балла) Чему равны максимальная и минимальная скорости сосуда (в зависимости от g_0) непосредственно перед ударом Муравьишки о правую стенку, если начальная скорость 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 какое на это уйдёт время?



Масса сосуда $M_k = 200$ г, масса жидкости в сосуде $M_b = 600$ г, плотность жидкости $\rho_{\text{ж}} = 1000$ кг/м³, средняя плотность Муравьишки (вместе с батискафом) $\rho_m = 2000$ кг/м³, 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/с², 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)