



# Кубок VI ЛФИ

10.s06.e01

## Hint 2

**ВАЖНО!** Задача является одновременно и Хинтом, и альтернативой к основной задаче.  
Три важных момента:

1. Вы можете продолжать присылать решение основной задачи.
2. В любой момент до финального дедлайна вы можете перейти на решение *альтернативной задачи*. Если вы это делаете, то в самом начале решения напишите: *Я переходжу на решение альтернативной задачи!* В этом случае Штрафной коэффициент за альтернативную задачу будет равен

$$0,7 \cdot \sum_i \frac{k_i \cdot p_i}{10},$$

где  $p_i$  — балл за пункт, а  $k_i$  — штрафной коэффициент за соответствующий пункт на момент перехода на Альтернативную задачу. Другими словами, максимальный балл за альтернативную задачу равен максимальному баллу, который вы можете получить в момент перехода на нее, умноженному на 0,7. Заметим, что **решения основной задачи с этого момента не проверяются**, а все баллы за основную задачу **обнуляются**. Будьте внимательными!

3. Задача состоит из нескольких пунктов. Штрафной множитель, заработанный **до этого** применяется ко всем пунктам. В дальнейшем каждый пункт оценивается как отдельная задача. Если вы присылаете решение без какого-либо пункта, то его решение считается Incorrect. Более подробно о начислении баллов для составных задачсмотрите в Правилах проведения Кубка.

## Альтернативная задача

Муравьишак-Путешественник в процессе описанных в основной задаче тренировок внезапно обнаружил, что уже давно ходит по краю — в самом что ни на есть прямом смысле этого слова. Не без сопротивления, но все же, внутренний авантюрист на время передал штурвал управления прагматичному рационалисту (на что не пойдешь ради выгодных знакомств), и в целях безопасности он выбрался из замурованного со всех сторон аквариума и отодвинул его подальше от достигнутого в ходе тренировок края ступеньки.

Подумав еще немного, наш герой решил закрепить его на поверхности. «От края греха подальше» — подумал Муравьишак и продолжил свои тренировки.

### Часть 1. В целях безопасности

На горизонтальной поверхности стоит зафиксированный и закрытый со всех сторон аквариум, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда и заполненный до краев жидкостью плотностью  $\rho_{ж}$ . Массы жидкости и корпуса аквариума равны  $M_{ж}$  и  $M_к$  соответственно. Объем батискафа  $V$ , его средняя плотность (все также вместе с Муравьишкой) равна  $\rho_m$ , а сам он находится около центра левой стенки сосуда.

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

В некоторый момент времени батискаф начинает перемещаться в горизонтальном направлении к противоположной стенке. Найдите:

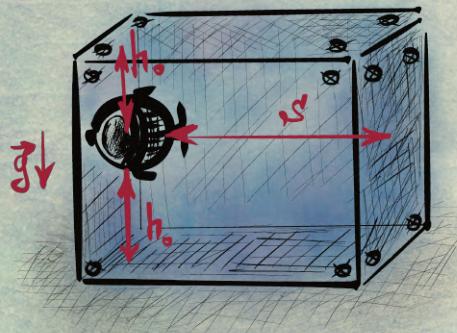
1. (1 балл) Перемещение центра масс сосуда с водой, когда батискаф коснется противоположной грани сосуда.

### Часть 2. Скользкая история

Заметив некоторые отличия в управлении «Denise», Муравьишак очень этим заинтересовался и захотел попробовать разместить сосуд на поверхности без трения.

Он вернул батискаф в исходное положение относительно стенок аквариума, а сам аквариум больше не зафиксирован и находится на гладкой горизонтальной поверхности. Муравьишак резко приобретает горизонтальную скорость  $v$ .

1. (2 балла) С какой скоростью станет двигаться сосуд по полу?

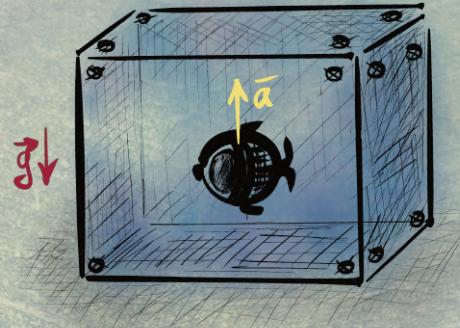


<sup>1</sup>Расстояния от самой верхней точки батискафа до верхней грани аквариума и от самой нижней точки батискафа до нижней грани аквариума равны  $h_0$ , расстояние от самой правой точки батискафа до противоположной стенки —  $S$ .

## Часть 3. Залечь на дно

Когда последний эксперимент подходил к своему завершению, в дверь нашего авантюриста постучали, и он вспомнил насколько сомнительными методами он добыл необходимую для покупки батискафа сумму.

«Нужно залечь на дно в Брюгге» – подумал наш герой, расположил батискаф около центра нижней грани сосуда и притаился. Шли годы. Вскоре стук прекратился, но Муравьишко продолжал напряженно ждать звука удаляющихся шагов. Некоторое время ничего не предвещало беды не происходило, но вдруг предательские пылинки попали в дыхальца путешественника, и он громко чихнул, задев лапками какой-то рычаг на панели управления батискафом, в результате чего последний начал двигаться вертикально вверх с ускорением  $a$ .



1. (1 балл) Считая, что средняя плотность батискафа (вместе с Муравьишкой) меньше плотности жидкости, найдите, при каком значении  $a$  аквариум оторвется ~~но полной~~ от пола.

С той стороны двери услышали шум и стали колотить в дверь еще сильнее.

- Заливаете! — услышал наш путешественник голос соседки снизу.

## Часть 4. Этика и инсектизм

После резкого старта вертикально вверх и удара о крышку аквариума открылся очередной потайной ящик батискафа, и чуть не занявшись оттуда вывалился фолиант «Этика и инсектизм в опытах над насекомыми». Ударившись о пол батискафа, книга открылась на случайной странице. Придя в себя, Муравьишко с интересом стал читать, и от этого чтения его усики становились дыбом.

На дне маленькой запаянной пробирки, подвешенной над столом на нити, сидит Стрекоза, масса которой равна удвоенной массе пробирки, а расстояние от дна до поверхности стола равно длине пробирки  $l$ . Нить быстро перерезают. За время падения Стрекоза перелетает со дна в самый верхний конец пробирки.

1. (1 балл) Определить время, по истечении которого нижний конец пробирки стукнется от стола.

В ужасе Муравьишко захлопнул данный толмуд, заглушил двигатели батискафа, предварительно пришвартовав его в стандартной начальной позиции у центра левой стенки, надел водолазный скафандр и, вспомнив, что он вообще-то сухопутное существо, выбрался из полностью замурованного сосуда.

Замучившись решать основную задачу Из-за пережитого стресса, Муравьишко решил по-медитировать. Он сел на край аквариума и стал методично бросать камушки на пол.

## Часть 5. Разбор полетов

Муравьишко сидит на высоте  $h_0 = 1$  м и кидается камнями под разными углами  $\alpha$  со скоростью  $v$ .

- (1 балл) Найдите времена  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ , которые соответствуют падению камня на пол, достижению высоты  $2h_0$ , а также смещению по горизонтали на расстояние  $S$ .
- (1 балл) Проанализируйте, какое из событий происходит раньше других (в зависимости от угла  $\alpha$ ), если  $v = 5 \text{ м/с}$ ,  $S = 3 \text{ м}$ ,  $h_0 = 1 \text{ м}$ . Ускорение свободного падения принять равным  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

## Часть 6. Трение даром

Тело<sup>2</sup> массы  $m$  подлетает к горизонтальной поверхности со скоростью  $v_0$  направленной под углом  $\alpha$  к вертикали. Коэффициент трения между поверхностью и телом  $\mu$ . Считая, что после удара вертикальная компонента импульса тела обращается в ноль, найдите:

- (1 балл) считая угол  $\alpha > \arctg \mu$  найдите изменение импульса по горизонтали за время удара.

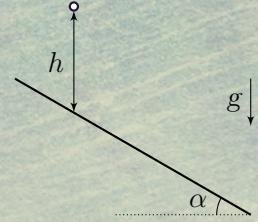
Пусть горизонтальная поверхность – это доска массы  $M$  (причём  $M > m$ ), которая стоит на гладкой горизонтальной поверхности.

- (2 балла) Найдите изменение скорости доска за время удара, если угол  $\alpha > \arctg(2\mu)$ .

Желая взглянуть на ситуацию со стороны Муравьишко залез на пришвартованный батискаф с порцией взятых со дна аквариума камешков и начал веселиться.

## Часть 2π. Дежавю

Соседка снизу прекрасно играла на аккордеоне. Материальная точка падает на наклонную плоскость с высоты  $h$  без начальной скорости. Соударения точки и плоскости абсолютно упругие. Коэффициент трения между точкой и плоскостью равен  $\mu$ . Сопротивление воздуха не учитывать.



- За всё время движения точка оказывается на высоте первого удара три раза (считая первый). Найдите угол  $\alpha$  между наклонной плоскостью и горизонтом в случаях
  - (0 баллов)  $\mu = 0$ ;
  - (0 баллов)  $\mu > \tg \alpha$ .
- Пусть  $\alpha = \pi/6$ . Найдите перемещение материальной точки за время  $t \gg \sqrt{\frac{h}{g}}$  в слу-  
чаях
  - (0 баллов)  $\mu = 0,5$ ;
  - (0 баллов)  $\mu = 0,8$ .

<sup>2</sup>Этим телом был камень Муравьишко.