



Кубок 7 ЛФИ

10.s07.e01

«Безупречно!»
Worms

Worms 2

Эта история случилась в те славные времена, когда Team17 еще не приняла крайне сомнительное решение добавить в наш двумерный мир третье измерение. Тогда уже можно было с помощью бейсбольной биты сделать из вражеского worms'а блинчик, скачущий по воде, но еще не случилась серьёзная глобализация в лице фортифицированных сооружений и кризиса вседозволенного потребления. Вместе с тем, в воздухе, помимо привычного запаха напалма, уже стояло ощущение напряжения от грядущих перемен. Новостные сводки и слухи пестрили сообщениями о скором уходе из этого мира его Создателя — Энди Дэвидсона — и разносились они быстрее и громче, чем возмущенные крики противников после попадания в них банана-бомбы.

Червячок-ветеран Си-Люс-Люс, лучшие годы жизни которого пришлись еще на времена шестнадцатитбитного мира и который застал переход в эту новую, более четкую и детализованную реальность, всё это считывал и именно поэтому заставлял своего юного падавана червячка по имени Пайтон тренироваться с удвоенной силой. При этом Си-Люс-Люс точно знал, что несмотря на непрерывный и всё нарастающий поток обновлений для инвентаря, успеха все равно добьется тот, кто достигнет совершенства в искусстве владения старым-добрым Ninja Rope — резиновым жгутом, который в руках опытного worms'а позволял быстро перемещаться из одной точки локации в другую ([см. полезное методическое пособие](#)).

Ninja Rope

В этот день солнце припекало сильнее обычного. Червячок Пайтон собрал всю свою волю в кулак и под строгим надзором своего Учителя приступил к выполнению заранее подготовленных для него упражнений.

Ката 1¹

В этом задании червячку Пайтону предстоит тренироваться на невесомом резиновом жгуте жесткости k и длины L_0 , подвешенном к верхней части экрана монитора потолка. Суть упражнения состоит в следующем: Пайтон оборачивается плотным узким кольцом вокруг жгута в его верхней точке после чего начинает скользить вниз вдоль жгута. Силы трения скольжения червячка по верхней и нижней половинам нерастянутого жгута равны F_1 и F_2 соответственно. Считая, что масса Пайтона равна m , найдите для следующих значений сил F_1 и F_2 суммарные потери механической энергии от момента начала движения до момента, когда Пайтон будет находиться в состоянии свободного полёта:

¹Ката — формальный комплекс упражнений в карате и других японских боевых искусствах, представляющий собой последовательность движений (блоков, ударов, стоек) против воображаемых противников.

1. (1,5 балла) $F_1 = F < mg$, $F_2 = (F/2 - kL_0/2) > 0$,
2. (0 баллов) $F_1 = F < mg$, $F_2 > mg$,
3. (1,5 балла) $F_1 = F$, $F_2 = 2F < mg$.

Ускорение свободного падения g . Силой сопротивления воздуха нужно пренебречь.

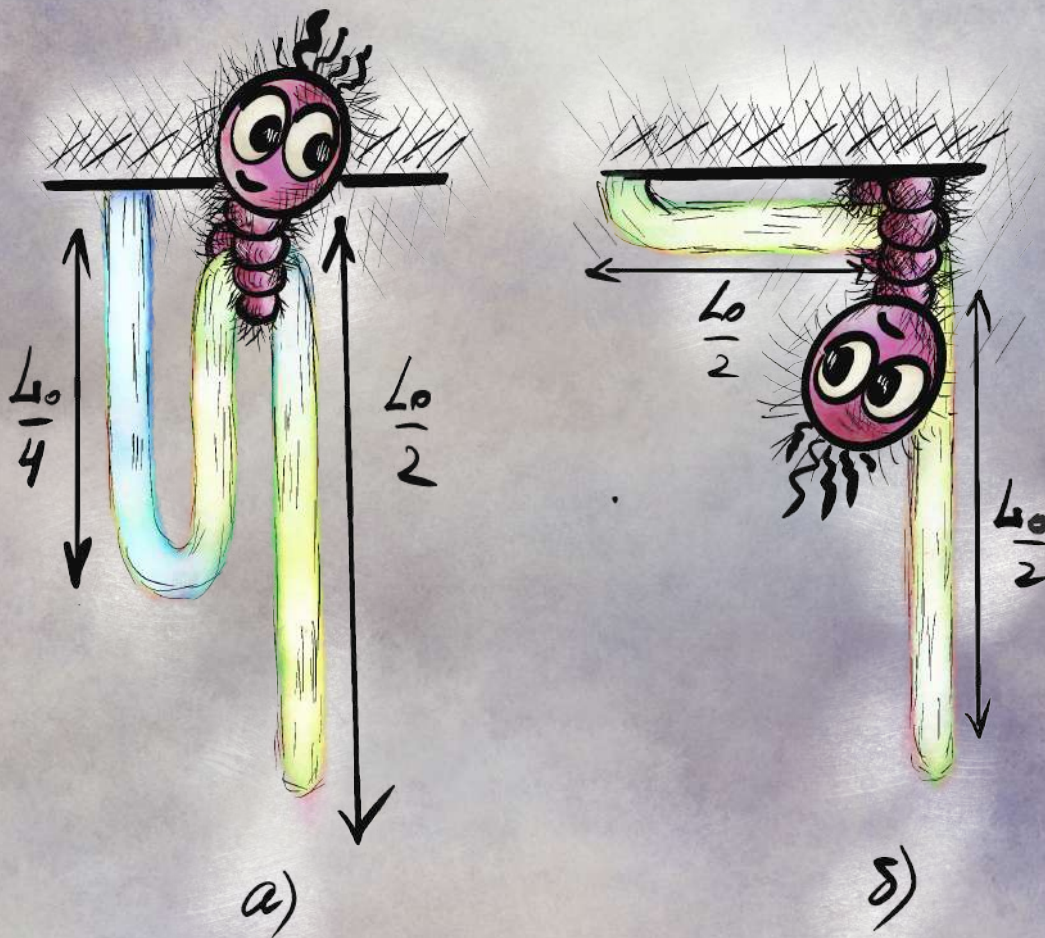
Ката 2

После того, как Пайтон успешно разобрался с первым упражнением, Учитель Си-Люс-Люс разрешил ему прерваться на обед и заморить червячка. С этого момента, масса Пайтона стала равна M , но если вы оставите её равной m это не будет считаться ошибкой.

Во втором упражнении доблестному worms'у досталась другая модификация Ninja Rope — тоже невесомая, тоже жесткостью k и длины L_0 , но такая, что когда Пайтон оборачивается вокруг него тонким узким колечком, сила трения скольжения между тельцем червя и материалом жгута постоянна и равна F , причем $F < Mg$.

Учитель прикрепил новую модель снаряда к потолку и начал объяснять две вариации упражнения:

- Пайтону необходимо обернуться кольцом вокруг нерастянутого жгута в его середине;
 - Си-Люс-Люс, в свою очередь, придерживает Пайтона так, что жгут вначале остаётся недеформированным;
 - В первой вариации упражнения Учитель удерживает ученика возле точки крепления жгута и в некоторый момент времени аккуратно отпускает его;
 - Во второй вариации упражнения Си-Люс-Люс удерживает Пайтона у потолка на расстоянии $L_0/2$ от точки крепления Ninja Rope (см. рисунок) и в некоторый момент времени резко отпускает его.
4. (4 балла) Найдите суммарные потери механической энергии во всём процессе соскальзывания Пайтона с Ninja Rope начиная с момента, когда его отпустил Учитель, заканчивая моментом времени, когда он уже находился в состоянии свободного падения. Ответ дайте для первой и второй вариации. **Внимание!** В этом пункте оценивается решение обоих случаев вместе и безраздельно!



Неотложная помощь

Последним по порядку, но не по важности, заданием, которое предстояло выполнить Пайтону было упражнение по спасению товарища на пересеченной местности. Здесь в роли "снаряда" выступал уже лично Си-Люс-Люс, который, как оказалось, сам имеет массу M и ведет себя как эластичный жгут длиной L_0 и жесткостью k .²

Первая помощь

Пайтон и Си-Люс-Люс нашли локацию с горизонтальной плоскостью, разделенной на две части. Левая поверхность была гладкая, а правая — шероховатая. Граница раздела — прямая линия. Си-Люс-Люс лёг на гладкую поверхность, касаясь своим хвостом границы раздела так, что его тельце располагалось перпендикулярно ей. Задача Пайтона перетащить Учителя с гладкой поверхности на шероховатую.

5. (1 балл) Считая, что коэффициент трения между тельцем Учителя и шероховатой поверхностью равен μ , найдите минимальную работу, которую необходимо совершить Пайтону, чтобы квазистатически перетащить Си-Люс-Люса на шероховатую поверхность. Известно, что Пайтон тянет Си-Люс-Люса за хвост, прикладывая горизонтальную силу.

²Говорят, что в молодости, еще во времена шестнадцатибитного мира, Си-Люс-Люс был очень жестким парнем, но с годами стал добрее.

Вторая помощь

После того, как Пайтон справился с первым заданием Си-Люс-Люс передислоцировался на шероховатую поверхность и расположил своё тельце так, что оно было недеформированным и касалось своим хвостом границы раздела двух зон. При этом туловище Учителя было снова перпендикулярно границе.³ Пайтон прикладывает к хвосту Си-Люс-Люса горизонтальную силу для того, чтобы перетащить его на гладкую поверхность. Считая, что параметры тела Учителя связаны ~~но рукам и ногам~~ соотношением $5kL_0 = 8\mu Mg$, найдите:

6. (1 балл) Работу, которую необходимо совершить, чтобы квазистатически сдвинуть голову Си-Люс-Люса с места.
7. (0,5 балла) Минимальную работу, которую необходимо совершить, чтобы после того, как его голова пришла в движение, квазистатически перетащить все его тельце на гладкую поверхность.
8. (0,5 балла) Для момента времени, когда массы частей тела червя на двух поверхностях равны друг другу найдите динамическую эквивалентную жесткость Учителя dF/dx , где dF — это изменение силы, приложенной к его хвосту, а dx — изменение координаты точки приложения силы.

Первый Хинт — 27.04.2026 20:00 (МСК)

Второй Хинт — 29.04.2026 12:00 (МСК)

Окончание Первого Эпизода — 01.05.2026 20:00 (МСК)

Разбор Первого Эпизода — 01.05.2026 20:00 (МСК)

³Поскольку Си-Люс-Люс был нормальным червём.