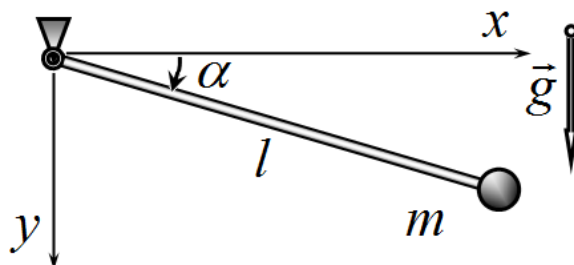


Задание 11- 1. Шарики на спице и как ломаются трубы

Задание 1 состоит из n взаимосвязанных задач.

Задача 1. 1 шарик.

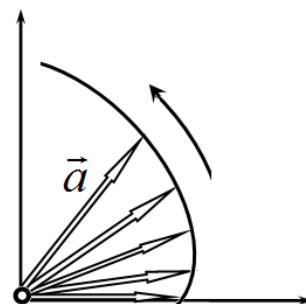
Тонкая жесткая спица длиной l может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через один из ее концов. На конце спицы закреплен небольшой шарик массы m . Массой спицы можно пренебречь. Спицу располагают горизонтально и отпускают.



Положение спицы в процессе движения будем задавать с помощью угла ее отклонения от горизонтали α . Оси координат направлены так, как показано на рисунке. Шарик можно считать материальной точкой.

- 1.1 Найдите зависимость модуля скорости шарика от угла α .
- 1.2 Найдите зависимость силы \vec{F} , с которой спица действует на шарик от угла α . Укажите направление этой силы.
- 1.3 Найдите зависимость проекций ускорения шарика на оси координат a_x, a_y от угла α .
- 1.4 Постройте годограф вектора ускорения шарика.

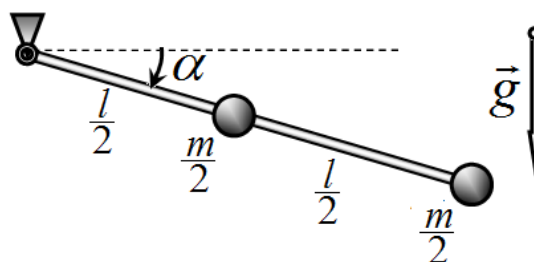
Годографом переменного вектора называется линия, которую описывает конец этого вектора (при условии, что его начало остается в одной точке, например, в начале координат). Иными словами, начало вектора закреплено, сам вектор поворачивается и изменяет свою длину – конец вектора описывает некоторую линию, которая и называется годографом.



- 1.5 Укажите систему координат, в которой модуль ускорения шарика остается постоянным. Чему равен модуль этого ускорения?

Задача 2. 2 шарика

На спицу, описанную в первой части задачи, закрепили два шарика, масса каждого из которых равна $\frac{m}{2}$, один на конце спицы, второй на середине спицы. Спицу расположили горизонтально и отпустили.

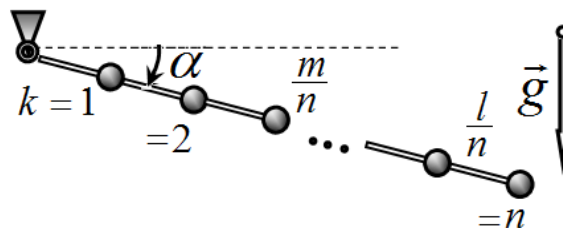


- 2.1 Найдите зависимость угловой скорости ω спицы от угла α .
- 2.2 Найдите ускорения с которыми начинают двигаться шарика (т.е. при $\alpha = 0$)

2.3 Найдите силу, с которой спица действует на крайний шарик в начальный момент времени (при $\alpha = 0$). Укажите направление этой силы.

Задача n . n шариков.

На спицу закрепили n одинаковых шариков, масса каждого равна $\frac{m}{n}$ на равном расстоянии друг от друга, причем крайний шарик находится на конце спицы. Считайте, что число шариков велико, т.е. $n \gg 1$. Спицу располагают горизонтально и отпускают.



3.1 Найдите зависимость угловой скорости спицы ω от угла отклонения α .

3.2 Найдите ускорения шариков a_k ($k = 1, 2, \dots, n$) в начальный момент движения спицы.

3.3 Найдите силу, действующую на k -тый шарик со стороны спицы, в начальный момент движения. Постройте график полученной зависимости.

3.4 Кратко объясните природу возникновения этих сил.

3.5 Объясните, почему ломаются дымовые трубы при падении. На каком расстоянии чаще всего происходит излом?



В этом пункте вам не надо писать никаких уравнений, формул. Качественно, кратко (1-2 предложения) выявите основную причину излома и укажите высоту, на которой он чаще происходит.

Небольшая математическая подсказка.

$$\sum_{k=1}^n k = 1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

$$\sum_{k=1}^n k^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6}$$