



В данной работе вам потребуется определить радиус выданной нити тремя различными способами. Так как измеряемые эффекты достаточно тонкие, далее вам потребуется постичь дзен.

Оборудование

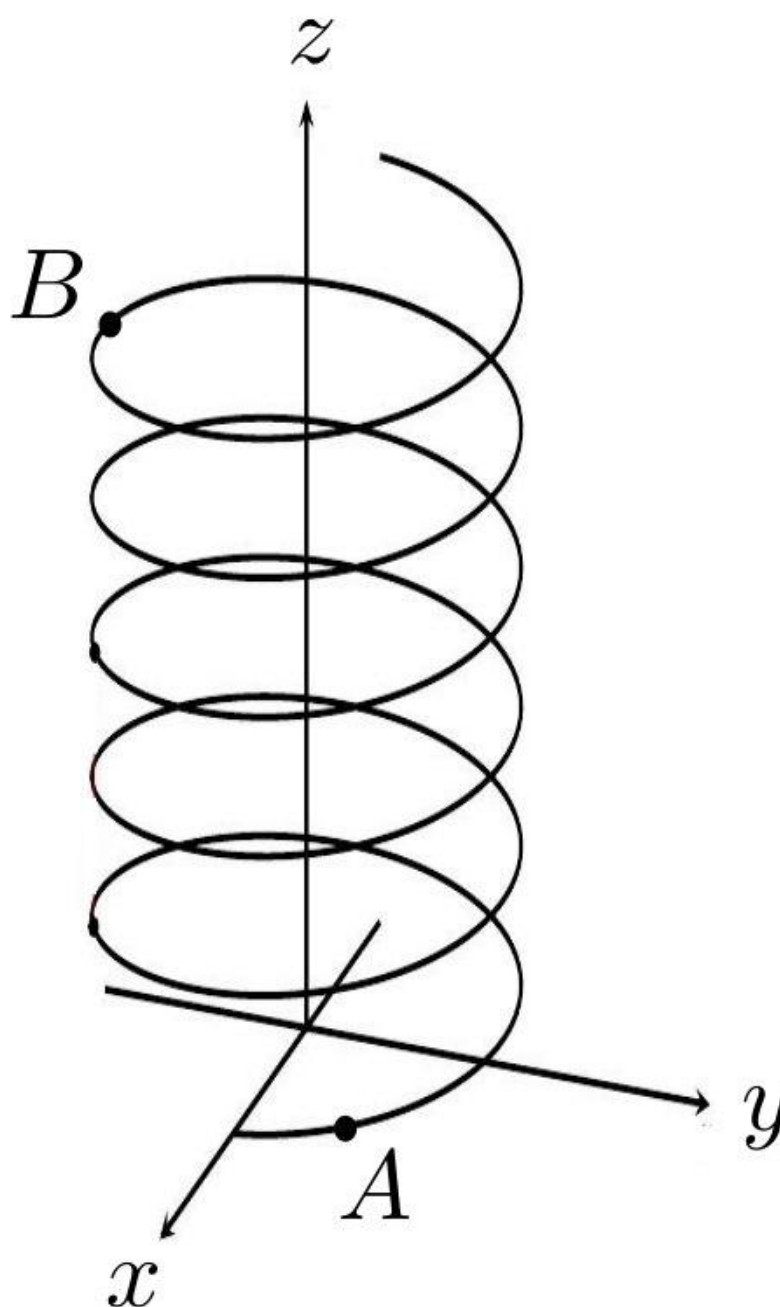
1. Катушка с ниткой
2. Две одинаковых гайки
3. Штатив с лапкой и муфтой
4. Линейка
5. Секундомер
6. Весы
7. Клейкая масса
8. Мерная лента
9. Ножницы и скотч по требованию

Часть А. Геометрия винтовых линий (1 балл)

Винтовой линией на поверхности цилиндра радиуса R называется такая кривая, что в любой её точке касательная к ней составляет одинаковый угол с осью симметрии цилиндра (см. рис). Координаты x и y точек винтовой линии определяются выражениями

$$x = R \cos(\varphi); y = R \sin(\varphi)$$

Во всех пунктах данной части длина кривой равняется l .



A1^{0.20} Пусть кривая совершает один оборот вокруг цилиндра радиуса $R < \frac{l}{2\pi}$ (т.е $\varphi_B - \varphi_A = 2\pi$)

Найдите угол между касательной к кривой и осью симметрии цилиндра.

A2^{0.40} Пусть $\varphi_B - \varphi_A = \Delta\varphi$.

Выразите $z_B - z_A$ через l , R и $\Delta\varphi$

A3^{0.40} Для $\frac{R\Delta\varphi}{l} \ll 1$ покажите, что

$$z_B - z_A = l - \frac{(R\Delta\varphi)^2}{2l}$$

Полученные формулы пригодятся в дальнейших частях задачи.

B1^{0.10} Измерьте массу гайки m .

Часть В. Подготовительная (4 балла)

- B2

0.90

Измерьте радиус нити r_1 методом рядов.
- B3

3.00

Измерьте момент инерции гайки относительно её главной оси.

Считайте, что $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Часть С. Крутим гайку (баллов)

Соберите установку по схеме ниже. Длина нитей должна быть равна 30-45 см. В верхней точке расстояние между нитями должно быть порядка 1 мм или меньше. Точка скрепления нитей должна быть зафиксирована. Обратите внимание, что в положении равновесия нити закручены на какой-то угол.

- C1

Запишите расстояние L от точки подвеса до точки скрепления для вашей установки.



- C2

1.70

При закручивании нитей на угол φ гайка поднимается на высоту h . Снимите зависимость $h(\varphi)$ в максимально широком диапазоне (до углов порядка 500π), закручивая гайку против часовой стрелки, если смотреть на неё сверху вниз. В дальнейшем будем называть это направление закрутки правым. Следите за тем, чтобы отрезки нитей ниже точки скрепления не перекручивались. На нитях не должны появляться узелки и катышки.
- C3

1.10

Снимите аналогичную зависимость для закручивания в другую сторону. Убедитесь в асимметрии установок.

ВАЖНО: Все дальнейшие измерения проводите при закручивании гайки против часовой стрелки, если смотреть на установку сверху.

ВАЖНО: при построении всех дальнейших теоретических зависимостей считайте нити нерастяжимыми.

- C4

0.30

Выведите теоретическую зависимость $h(\varphi)$. Пользуясь этим, линеаризуйте зависимость, полученную в пункте C2.
- C5

1.20

Для правой закрутки нити постройте график зависимости $h(\varphi)$ в координатах, в которых он является линейным. Из углового коэффициента еще раз определите радиус нити r_2 .
- C6

0.70

Получите теоретическую зависимость τ от параметров установки, где $\tau(h)$ - время, за которое гайка останавливается, если её отпустить с высоты h .
- C7

1.00

Для правой закрутки экспериментально получите зависимость $\tau(h)$.
- C8

2.50

Снимите зависимость $\tau(L)$. Постройте линеаризованный график.
- C9

1.20

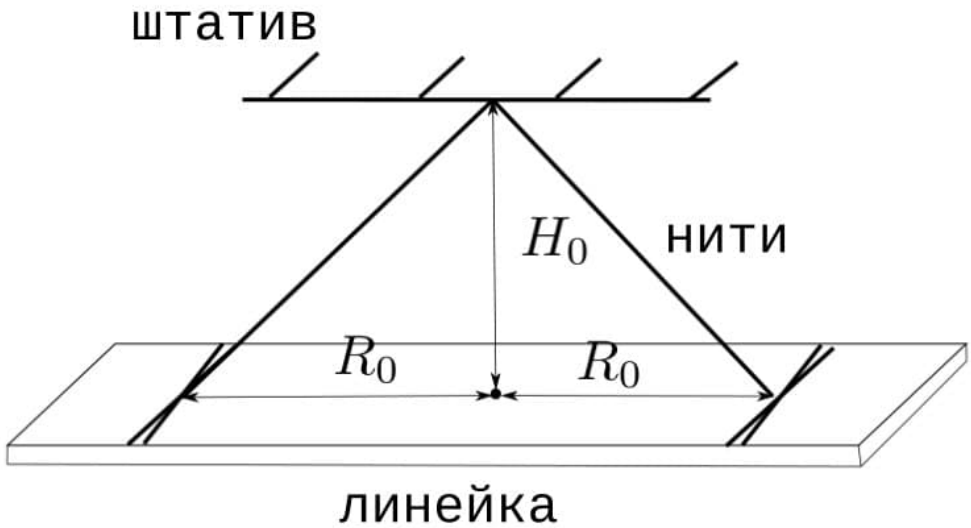
Модулем кручения f однородного стержня называют коэффициент пропорциональности в формуле $M = f \cdot \varphi$, где M - закручивающий момент сил, приложенных к основанию стержня, φ - угол поворота основания стержня. Определите коэффициент C в зависимости $f = C/L$, где f - собственный модуль кручения одной нити, L - длина нити. Опишите метод. Оцените отношение $\frac{C}{mgr^2}$. Убедитесь, что рассмотренный эффект почти не влияет на полученные результаты.
- C10

0.30

Заметьте, что гайка раскручивается до неразличимых глазом угловых скоростей. Оцените по порядку, с какой максимальной угловой скоростью она вращается.

Часть D. Крутим линейку (5 баллов)

В этой части задачи используется экспериментальная установка, изображенная на рисунке ниже. Линейка подвешена на двух нитях параллельно полу, причём расстояние между концами нити на штативе мало, а на линейке - велико. Обозначим как $\tau'(\varphi)$ время, нужное системе, закрученной на угол φ , чтобы снова остановиться.



Перейдем к построению теоретической модели. Пусть линейка изначально повернута на угол φ_0 от положения равновесия.

- D1

1.20

Считая известным, что при отклонении линейки на угол φ от положения равновесия изменение её высоты представимо в виде

$$h = A\varphi,$$

выразите A через R_0, H_0 и r .

D2 ^{0.80} Получите теоретическую зависимость $\tau'(\varphi_0)$, где τ' - время от начала движения линейки до момента ее первой остановки, φ_0 - начальный угол закручивания нитей.

Соберите установку, изображенную на рисунке. Используйте $R_0 \approx 24$ см, $H_0 < 40$ см.

D3 ^{1.50} Снимите зависимость $\tau'(\varphi_0)$, где τ' - время от начала движения линейки до момента ее первой остановки, φ_0 - начальный угол закручивания нитей. Измерения проводите в диапазоне $\varphi_0 \in [\pi; 10\pi]$.

D4 ^{1.50} Постройте линеаризованный график и в третий раз определите радиус нити r_3 .