

11 класс

Задача №1. Веретено

Оборудование:

1. мотор с редуктором,
2. колесо, надевающееся на ось ведомого вала редуктора,
3. шкив с отверстием под леску,
4. лабораторный источник питания,
5. два мультиметра со щупами,
6. отрезок изоленды,
7. соединительные провода крокодил-крокодил 3 шт,
8. соединительные провода банан-крокодил 2 шт,
9. секундомер,
10. леска длиной около 1,5 м (замена лески при необходимости производится только один раз),
11. набор грузов (5 г, 10 г, 25 г, 36 г, 50 г),
12. рулетка,
13. штатив с лапкой и муфтой,
14. ножницы,
15. защитные очки,
16. струбцина,
17. пассатижи для затягивания узлов на леске.



Внимание!

1. Для измерения тока и напряжения используйте мультиметры. Показания измерительных блоков источника питания имеют большую погрешность.
2. Не фиксируйте вал мотора при напряжениях его питания более 1 В. Это может привести к его выходу из строя.
3. Не пропускайте через мультиметр в режиме 200 мА ток более 200 мА. Это может привести к перегоранию предохранителя внутри мультиметра и выходу из строя режима амперметра.
4. Используйте только ручки регулировки напряжения на источнике питания.

Задание.**Часть 1.**

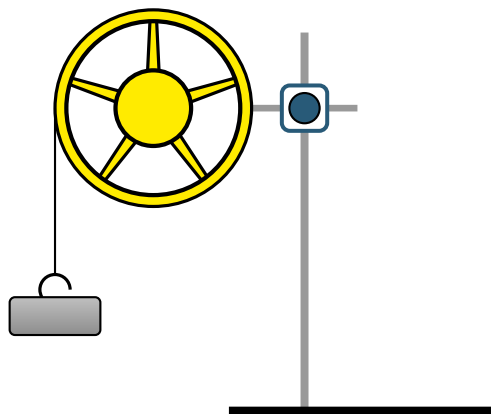
1.1. Зафиксируйте вал мотора и подайте на него напряжение, приблизительно равное 0,5 В. Измерьте значение силы тока, текущего через мотор, и напряжение на нем. Рассчитайте сопротивление обмоток мотора. Проведите измерения при 5 разных положениях вала мотора. Усредните полученные значения. Зарисуйте схему подключения измерительных приборов.

1.2. Наденьте колесо на вал редуктора. Подайте на мотор с надетым редуктором напряжение, превышающее $U_{\min} = 0,7$ В, но не более $U_{\max} = 4,5$ В. Измерьте для семи различных значений поданного напряжения ток, текущий через мотор, и частоту вращения колеса, приводимого в движение редуктором.

1.3. Рассчитайте значение ЭДС индукции мотора для каждой из измеренных точек и постройте график зависимости частоты вращения колеса от ЭДС индукции мотора. Какой функцией описывается измеренная зависимость? Аппроксимируйте экспериментальные точки данной функцией и рассчитайте ее коэффициенты (или коэффициент).

1.4. Привяжите к колесу леску. Используйте для этого два просверленных отверстия в колесе. Подайте напряжение на мотор, так чтобы колесо редуктора вращалось. Измерьте силу тока I , текущего через мотор. Остановите мотор. Привяжите к концу лески грузик массой 50 г. Подайте то же самое напряжение на мотор. Если ограничение силы тока источника питания не позволяет привести в движение колесо, подтолкните его рукой. Измерьте силу тока I' , текущего через мотор в этом случае. Рассчитайте разность измеренных сил тока $\Delta I = I' - I$. Проведите данный эксперимент для нескольких значений поданного напряжения и усредните измеренные разности тока.

1.5. Рассчитайте отношение β момента силы (относительно оси вращения), действующего на колесо со стороны груза, к приращению силы тока ΔI . Определите теоретически, какой должна быть эта величина β_{theor} , если ее рассчитать из коэффициента(-ов), найденного(-ых) в пункте 1.3. В теоретических расчетах предполагайте, что момент силы трения в редукторе не зависит от скорости вращения мотора и нагрузки на нем. Сравните полученные значения β и β_{theor} .



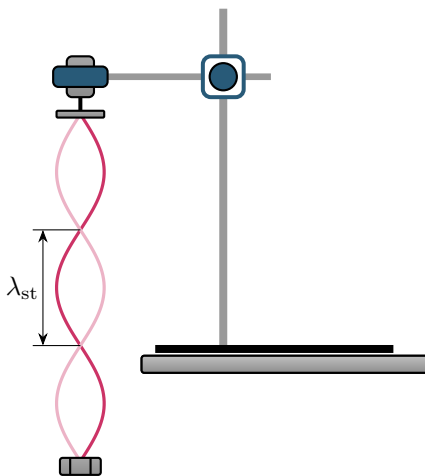
Мотор с редуктором.

1.6. Редуктор, прикрепленный к мотору, вращает колесо с частотой в n раз меньшей частоты вращения основного вала мотора. Измерьте коэффициент редукции n . Подробно объясните метод измерения.

Часть 2.

Внимание! Эту часть задачи выполняйте в защитных очках!

Снимите с мотора редуктор. Поместите шестерню, надетую на вал, на шкив с отверстием. Шестерню можно аккуратно снять с помощью пассатижей. Закрепите мотор в лапке штатива так, чтобы вал мотора занимал вертикальное положение, а шкив находился ниже корпуса мотора. Привяжите к шкиву леску длиной приблизительно $l = 100$ см. К концу лески прикрепите груз массой $m = 5,0$ г. Пункты 2.1 – 2.4 выполняйте с этим грузом. Подайте на мотор напряжение. Шкив придет во вращение. При некоторых частотах вращения вала леска будет принимать стационарную форму с некоторым количеством узлов и пучностей. Будем называть длиной стоячей волны λ_{st} расстояние между двумя соседними узлами.



Стоячая волна.

Внимание: если Вы не смогли измерить коэффициент редукции, то во второй части задачи примите его равным $n_1 = 25$.

2.1. При некоторых различных частотах вращения вала мотора леска будет принимать форму стоячей волны с разным количеством N пучностей. Добейтесь максимума амплитуды стоячей волны для каждого значения $N = 1, 2, 3, 4, 5, 6$. Определите частоты ν вращения вала мотора в этих состояниях.

Примечание: возможно, наблюдения будет более удобно вести на фоне белого листа бумаги.

2.2. Согласно теории стоячих волн, при резонансе на расстоянии между двумя закрепленными концами лески должно укладываться целое число длин стоячих волн λ_{st} (или, что то же самое, целое число половин длин волн λ бегущих волн):

$$L_0 = N\lambda_{st} = N\frac{\lambda}{2}.$$

Построив график зависимости $\nu(N)$, проверьте это теоретическое предсказание.

2.3. Измерьте зависимость длины стоячей волны от частоты вращения вала мотора. При данных измерениях не обязательно попадать именно в резонансные частоты, существенным обстоятельством является стационарная форма лески при ее вращении. В каких координатах зависимость является линейной функцией? Проверьте ваше предположение графически.

Рассчитайте скорость распространения поперечных волн по леске. Не забудьте, что длина стоячей волны λ_{st} в два раза меньше длины бегущей волны λ .

2.4. Скорость распространения поперечных волн v зависит от погонной плотности ρ лески и ее силы натяжения T как:

$$v = A\rho^i(T + T_0)^j,$$

где T_0 — постоянная сила, отвечающая за изгибную жесткость лески, численный коэффициент A равен единице.

Методом размерности получите величины i и j .

2.5. Проведите аналогичные пункту 2.3 измерения для оставшихся грузов. Найдите резонансные частоты вращения для $N = 1, 2, 3$. Определите скорости распространения волн по леске при разных силах натяжения.

Постройте необходимые зависимости на одном графике.

Примечание: при измерениях частоты вращения вала для случая трех пучностей на леске, натянутой грузом 25 г, могут возникнуть трудности. Для того, чтобы добиться устойчивого вращения лески, слегка придержите ее на расстоянии 2–3 см от места подвеса груза.

2.6. Постройте график зависимости v от m в координатах, в которых он должен быть линейной функцией. Рассчитайте по угловому коэффициенту графика значение погонной плотности лески и величину T_0 .