



***Республиканская  
физическая олимпиада  
2019 года  
(III этап)***

***Экспериментальный тур***

***=2019=***

## Условия задач.

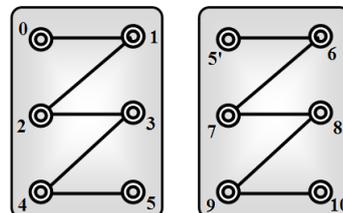
9 класс

### Задание 9-1 Паутина сопротивлений.

**Приборы и оборудование:** Два проволочных резистора на подставках, мультиметр, соединительные провода.

В данном задании Вам необходимо исследовать сопротивления различных цепей резисторов. Введем нумерацию клемм, как показано на рисунке.

Во всех заданиях ввод омметра «СОМ» подключайте к клемме резистора «0».



#### Часть 1. Последовательная цепочка.

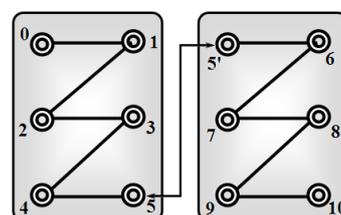
Соедините проводником клеммы «5» на первом резисторе с клеммой «5'» на втором резисторе.

1.1 Измерьте сопротивления участков резистора  $R_k$  между клеммами «0» и  $k = 1, 2, 3, \dots, 10$ .

1.2 Постройте график полученной зависимости. Покажите, что данная зависимость может быть описана линейной функцией

$$R_k = ak + b \quad (1)$$

Используя результаты своих измерений, определите численные значения (и погрешности) параметров зависимости  $a$  и  $b$ . Укажите физический смысл этих параметров.



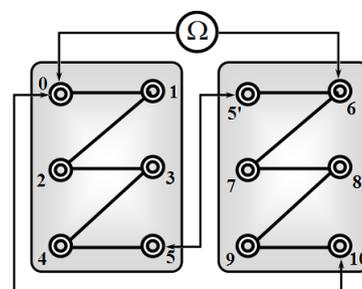
#### Часть 2. Зацикливание.

Дополнительно соедините проводником клеммы «0» и «10».

2.1 Измерьте сопротивления участков резистора  $R_k$  между клеммами «0» и  $k = 1, 2, 3, \dots, 10$ . Постройте график полученной зависимости.

2.2 Выведите теоретическую формулу, описывающую зависимость  $R_k(k)$ .

2.3 Проверьте, соответствуют ли результаты измерений полученной теоретической формуле. Для этого на том же бланке (график в п.2.1) постройте график теоретической зависимости. Качественно объясните возможные различия между теоретическими и экспериментальными значениями сопротивлений.

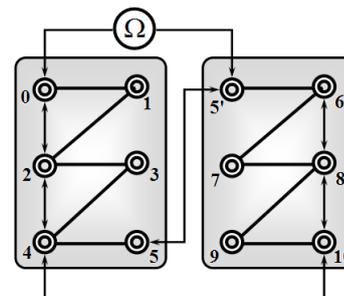


#### Часть 3. Централизация.

Дополнительно соедините все «четные» клеммы между собой.

2.1 Измерьте сопротивления участков резистора  $R_k$  между клеммами «0» и  $k = 1, 2, 3, \dots, 10$ .

2.2 Дайте объяснение полученным результатам. Нарисуйте эквивалентную электрическую схему, объясняющую полученные значения.





## Задание 9-2 Преломление света.

Еще древнегреческие ученые в V веке до нашей эры знали закон прямолинейного распространения и отражения света. Третий закон геометрической оптики – закон преломления открыл в 1621 году голландский ученый Виллеброрд Снелл (печатался под латинизированным именем Снеллиус).

В данном задании Вам необходимо исследовать приближение, которое использовали древнегреческие ученые при описании этого явления.

Для проведения измерений Вам предоставляется следующее

**оборудование:** прозрачная чашка Петри с водой; лист картона, лист белой бумаги, 4 булавки, транспортир.

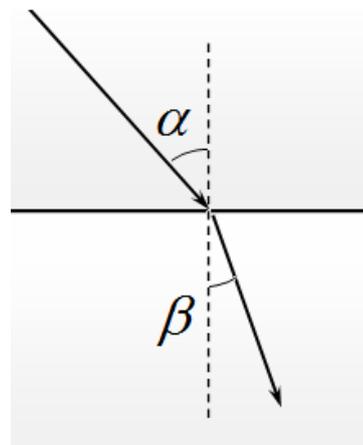
### Введение.

Если луч света падает на границу раздела двух прозрачных сред, то он преломляется, изменяет направление своего распространения. Углы падения ( $\alpha$ ) и преломления ( $\beta$ ) отсчитываются от перпендикуляра (нормали) к поверхности раздела в точке падения.

При малых углах закон преломления формулируется следующим образом:

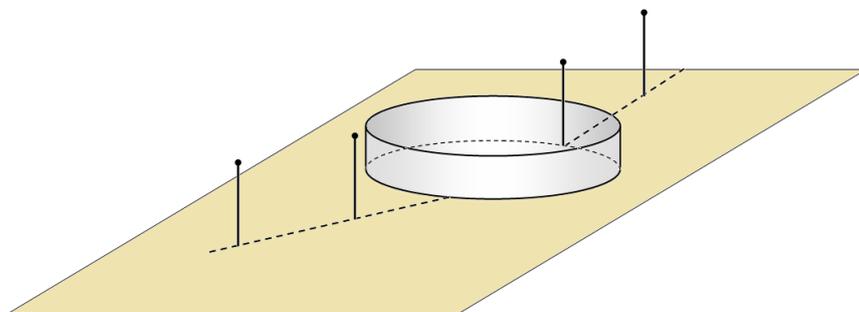
отношение угла преломления к углу падения есть величина постоянная для данных двух сред (эта величина называется показателем преломления):

$$\frac{\alpha}{\beta} = n. \quad (1)$$



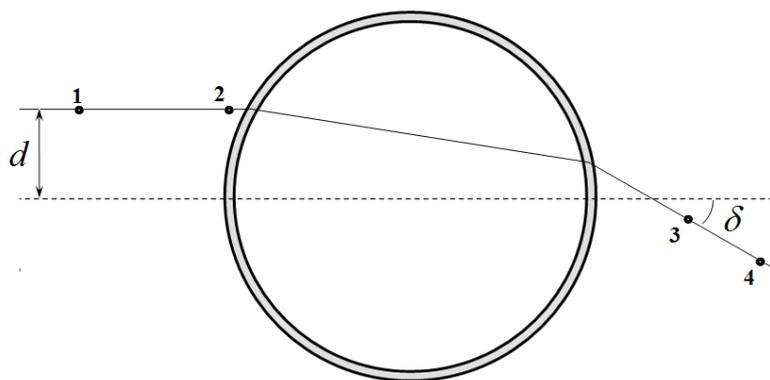
Вам необходимо проверить справедливость этого закона, и определить, при каких углах падения он справедлив.

Заполните прозрачную чашку водой, расположите ее на листе белой бумаги, под которым расположите лист картона. В картон вы можете втыкать вертикально булавки и наблюдать их сквозь боковую сторону заполненной чашки. Тем самым вы можете построить на листе бумаги ход луча. Преломление света в стенках чашки в данном случае не играет существенной роли, основную роль играет преломление света в воде.



## Часть 1. Единичное измерение показателя преломления.

Расположите булавки 1, 2 так, чтобы луч, проходящий через них, проходил от центра чашки на расстоянии  $d$  примерно равном половине радиуса чашки.



С помощью булавок 3, 4 найдите выходящий луч.

1.1 На листе бумаги укажите положение чашки, ее центра, положение всех булавок. Постройте ход луча, проходящего через все булавки, постройте его ход через чашку.

1.2 Укажите на этом же листе углы падения и преломления лучей на входе и выходе из чашки. Проведите измерения этих углов, рассчитайте показатель преломления воды, оцените погрешность найденного значения.

***Не забудьте сдать лист со своими построениями!***

## Часть 2. Угол отклонения луча.

***Возьмите новый лист бумаги и проводите измерения с его помощью.  
Не забудьте сдать и этот лист!***

*В этой части задания Вы можете измерять углы с помощью транспортира (это проще, но менее точно). Также вы можете проводить дополнительные построения на миллиметровой бумаге, измерять длины отрезков и уже по ним рассчитывать углы. Если вы выбрали второй путь, то укажите, какие построения вы проводили, какие отрезки измеряли, по каким формулам рассчитывали углы.*

2.1 Исследуйте зависимость угла отклонения луча при прохождении чашки  $\delta$  (см. рис.) от расстояния  $d$ . Для каждого значения  $d$  измерьте угол падения  $\alpha$ .

2.2 Считая, что закон преломления света в приближенном виде (задаваемом формулой (1)), справедлив, получите формулу для зависимости угла отклонения  $\delta$  от угла падения  $\alpha$ . Постройте график теоретической зависимости. Учтя, что показатель преломления определен с некоторой погрешностью, постройте область, в которой должны лежать экспериментальные точки, полученные в п. 2.1

2.3 Нанесите на график экспериментальные точки (значения, полученные в п. 2.1).

2.4 Укажите, в каком диапазоне значений углов  $\alpha$  можно применять приближенный закон преломления (1).

## Задание 10-1 «Джинн в бутылке»

*Джинн – дух в арабской мифологии  
(не путать с напитком – джин (пишется с одной -н-)).*

**Оборудование:** Комплект для изучения газовых законов (шприц одноразовый 60 мл, манометр с верхним пределом измерения 300 мм. рт. ст., колба с отводом и шкалой для измерения объёма, пробка резиновая для колбы с термометром, штуцер-тройник с трубками пластиковыми соединительными), барометр (один на кабинет), секундомер, бутылка воды сильно газированной в заводской упаковке (0,5л).

**Внимание!!!** Бутылку с водой вскрыть только непосредственно при сборке экспериментальной установки в части 2 задачи. Ни в коем случае не превышать предел измерения давления манометром, иначе прибор выйдет из строя!

**Часть 1. «Вместилище для джинна».**

В данной части Вам предстоит определить начальный внутренний объём экспериментальной установки.

Соберите экспериментальную установку: плотно закройте колбу пробкой, вставьте штуцеры в отвод колбы, в одну из соединительных трубок вставьте манометр, установите поршень шприца на отметке 60мл и вставьте шприц в другую трубку штуцера. Медленно изменяйте объём воздуха в шприце и наблюдайте за показаниями манометра. Постоянно проверяйте, не изменилась ли температура воздуха в колбе. Выясните: есть ли утечка воздуха из Вашей установки. Если есть, то устраните её и приступайте к основной части задачи.

1.1 Определите атмосферное давление  $p_0$ .

1.2 Установите в начальном положении поршень шприца на отметке 60 мл, (стрелка манометра должна быть на нуле). Измерьте зависимость показаний  $p_m$  манометра от изменения объёма  $\Delta V$  воздуха внутри установки.

*Манометр показывает разность между давлением внутри колбы и атмосферным давлением.*

1.3 Получите формулу, описывающую зависимость отношения  $\eta = \frac{p_m}{p_m + p_0}$  от изменения

объёма воздуха  $\Delta V$ . Постройте график экспериментальной зависимости параметра  $\eta$  от изменения объёма  $\Delta V$ .

1.4 Используя полученную формулу и результаты своих измерений, определите объём воздуха внутри установки (в колбе, шприце, соединительных трубках)  $V_0$ . Оцените погрешность найденного значения.

## Часть 2. «Выход джинна»

В данной части Вам предстоит исследовать зависимость давления газовой смеси над газированной водой от времени при постоянном объёме.

**Внимание!!!** Этот эксперимент Вы сможете провести только один раз! Поэтому продумайте методику его проведения, предварительно подготовьте необходимые таблицы для записи результатов эксперимента.

Отсоедините шприц от установки, выдвиньте поршень шприца на максимально возможное расстояние. Выньте пробку из колбы. Налейте в колбу 500 мл газированной воды, сразу плотно закройте колбу пробкой. Вставьте шприц в трубку штуцера. Немного встряхните колбу. Если установка собрана герметично, то манометр сразу должен показать рост давления. Если Вы не успели включить секундомер, а давление уже значительно выросло, не расстраивайтесь, выньте на короткое время шприц, давление упадёт, вставляйте шприц и приступайте к измерениям.

2.1 Измерьте зависимость показаний манометра  $p_m$  от времени  $\tau$ . Постройте график полученной зависимости.

2.2 Процесс выхода растворенного газа подобен процессу испарения. Изменение давления описывается уравнением (это уравнение выводить не надо):

$$\frac{\Delta p_m}{\Delta t} = \gamma(p_k - p_m) \quad (2)$$

где  $p_k$  - предельное значение давления газа в установке,  $\gamma$  - некоторая постоянная величина. Используя результаты ваших измерений, проверьте, справедливо ли уравнение (2) в данном эксперименте.

2.3 Определите значения параметров  $\gamma$  и  $p_k$  в уравнении (2).

2.4 Рассчитайте массу углекислого газа, который выделится из газированной воды за очень большой промежуток времени. Молярная масса углекислого газа  $M = 44 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ .

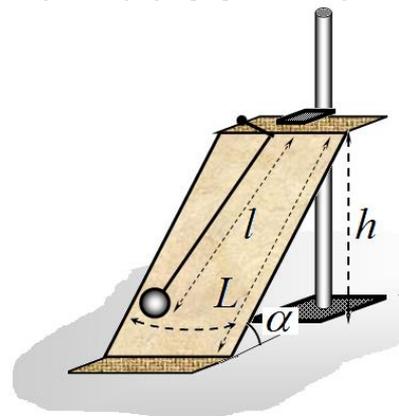
2.5 Что, по вашему мнению, означает «очень большой промежуток времени» в предыдущем пункте? Оцените время в течение, которого давление достигнет предельного значения.

## Задание 10-2 Открой формулу!

Несмотря на то, что вы еще не изучали теорию колебаний, предлагаем вам задачу, в которой вы должны самостоятельно получить и экспериментально проверить формулу для периода колебаний шарика на наклонной плоскости.

**Приборы и оборудование:** картонная наклонная плоскость со штативом, шарик на нити, линейка, секундомер.

Закрепите лист картона в штативе, как показано на рисунке, к верхней точке привяжите шарик на нити. У вас есть возможность изменять угол наклона плоскости к горизонту (изменяя высоту  $h$ ) и длину нити  $l$ .



### Часть 1. Теоретическая.

Период колебаний шарика рассчитывается по формуле

$$T = Cl^{\alpha} g^{\beta} (\sin \alpha)^{\gamma} \quad (1)$$

Где  $g = 9,8 \frac{M}{c^2}$  - ускорение свободного падения,  $\alpha, \beta, \gamma$  - показатели<sup>1</sup> степеней, которые вам необходимо определить,  $C$  - безразмерный численный коэффициент.

1.1 Используя метод размерностей, определите показатели степеней  $\alpha, \beta$ .

1.2 С помощью простых физических рассуждений определите показатель степени  $\gamma$ .

### Часть 2. Экспериментальные исследования.

**Внимание!** Следите, чтобы наклонная «плоскость» была действительно плоской! Малые искривления этой поверхности могут существенно повлиять на результаты измерений!

2.1 Исследуйте зависимость периода колебаний маятника от высоты наклонной плоскости  $h$ . Укажите, при какой длине нити вы проводили измерения. Постройте график полученной зависимости в таких координатах, чтобы он был линейным, позволяющим определить показатель степени.

2.2. Используя результаты измерений, определите показатель степени  $\gamma$  в формуле (1). Совпадает ли это значение с результатами ваших теоретических измышлений в п.1.2?

2.3 Исследуйте зависимость периода колебаний от длины нити  $l$ .

Укажите, при какой высоте  $h$  вы проводили измерения. Постройте график полученной зависимости, в таких координатах, чтобы он был линейным, позволяющим определить показатель степени.

2.4 Используя результаты измерений, определите показатель степени  $\alpha$  в формуле (1). Совпадает ли это значение с результатами ваших теоретических измышлений в п.1.2?

2.5 Используя все результаты измерений, определите численное значение коэффициента  $C$  в формуле (1). Оцените погрешность найденного значения.

---

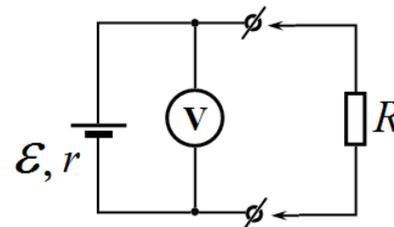
<sup>1</sup> Не путайте показатели степеней с углами!

**Задание 11-1. Как работает омметр.**

В данном задании вам необходимо понять принцип работы омметра и подтвердить ваше понимание результатами измерений и их интерпретацией.

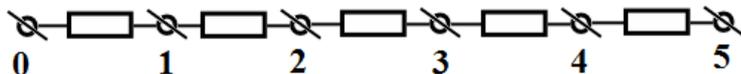
Основная идея работы омметра – измерение напряжения на внешней цепи!

Принципиальная схема омметра показана на рисунке: внутри имеется источник, ЭДС которого обозначим  $\varepsilon$ , а внутреннее сопротивление  $r$ . К клеммам омметра подключен вольтметр, к этим же клеммам подключается измеряемое сопротивление  $R$ .



**Приборы и оборудование:** резистор проволочный, источник тока модифицированный, мультиметр, соединительные провода.

Проволочный резистор имеет 6 выводов, поэтому у вас есть возможность использовать его в качестве переменного резистора с 5 дискретными значениями сопротивления. На рисунке показана схема этого резистора, на ней указаны номера клемм.



К гальваническому элементу последовательно подключен постоянный резистор, его сопротивление играет роль внутреннего сопротивления источника.

**Часть 1 Характеристики проволочного резистора и источника тока.**

1.1 Переключите мультиметр в режим измерения сопротивления (далее режим омметра). Измерьте сопротивления проволочного резистора  $R_k$  при подключении его к клеммам 0 и  $k = 1, 2, \dots, 5$ . Постройте график полученной зависимости  $R_k(k)$ . Определите параметры полученной зависимости. Рассчитайте значения сопротивлений  $\bar{R}_k$  по полученной зависимости.

*В дальнейшем используйте рассчитанные значения сопротивлений резистора  $\bar{R}_k$ , так как они получены посредством усреднения (следовательно, и уменьшения) погрешностей измерения сопротивлений.*

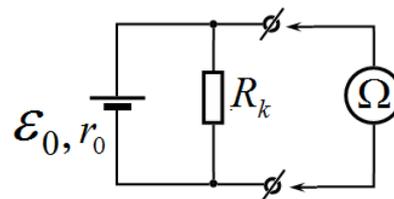
1.2 Измерьте ЭДС  $\varepsilon_0$  и внутренне сопротивление  $r_0$  предоставленного вам источника тока.

*Приведите электрическую схему, с помощью которой вы проводили измерения, результаты измерений, расчетные формулы, численные значения требуемых параметров и оценку погрешности.*

1.3 Укажите, какой единственной величиной можно характеризовать источник в данных экспериментах.

## Часть 2. «Сопротивление» с источником.

Подключите параллельно к проволочному резистору источник тока. Мультиметр переключите в режим омметра (см. схему)



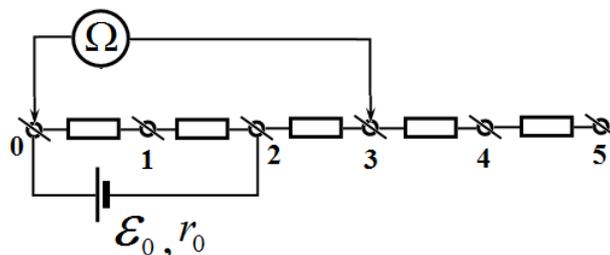
2.1 Измерьте зависимость показаний омметра от сопротивления проволочного резистора. Измерения проведите при двух различных полярностях подключения источника. Обозначим эти показания  $R_{(+)}^*$  и  $R_{(-)}^*$ .

2.2 Постройте графики полученных зависимостей  $R_{(+)}^*(\bar{R}_k)$  и  $R_{(-)}^*(\bar{R}_k)$ .

2.3 Выскажите предположение о свойствах источника тока внутри омметра. Объясните полученные в этой части зависимости. Определите значение силы тока, создаваемого источником омметра. Оцените его погрешность.

## Часть 3 Комбинированная схема.

Подключите источник к двум звеньям проволочного резистора, как показано на схеме.



3.1 Измерьте зависимость показаний омметра от номера точки подключения  $k = 1, 2, \dots, 5$  при двух полярностях включения источника.

3.2 Постройте графики зависимостей показаний омметра в данной схеме от сопротивления подключенной к омметру части резистора.

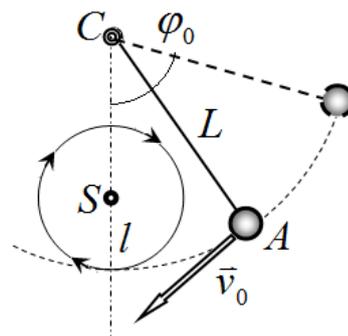
3.3 Качественно объясните полученные зависимости.

## Задание 11-2 Закручивание.

*Оценка погрешности в данном задании не требуется!*

Когда нить маятника, подвешенная в точке  $C$  натывается на горизонтальный стержень  $S$ , то при некоторой скорости груза маятника  $A$  нить может полностью намотаться на стержень.

В данном задании Вам необходимо исследовать этот эффект. Обозначим длину нити маятника  $L$  (она должна быть примерно равной 0,5 м и оставаться неизменной во всех экспериментах) Расстояния от нижней точки маятника до стержня обозначим  $l$  (эту величину следует изменять в ходе эксперимента).



**Приборы и оборудование:** штатив с двумя стержнями (один для крепления нити, второй для намотки), прочная нить с грузом (гайка), линейка, угломерная шкала.

### Часть 1. Теоретическая.

1.1 Рассчитайте, на какой начальный угол  $\varphi_0$  (от вертикали) нужно отклонить нить описанного выше маятника, чтобы она в процессе движения намоталась на тонкий стержень. Пренебрегайте потерями энергии на сопротивление воздуха, неупругими деформациями нити при столкновении со стержнем, толщиной стержня и т.д.

*Прежде чем, приступить к экспериментальной проверке этой зависимости, исследуем возможные механизмы потерь механической энергии*

### Часть 2. Экспериментальное изучение потерь энергии.

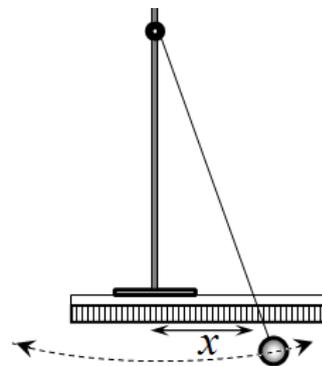
Расположите штатив близко к краю стола, на торце которого прикрепите линейку. Нить маятника должна двигаться близи линейки, так, чтобы вы могли измерять по ней отклонения нити. Эти отклонения будем обозначать  $x$ . Остальные обозначения оставляем прежними.

2.1 Измерьте зависимость отклонения нити  $x_k$  в крайнем положении от числа совершенных колебаний. Отдельно проведите измерения при больших (больше 10 см) отклонениях и при малых отклонениях (меньше 10см).

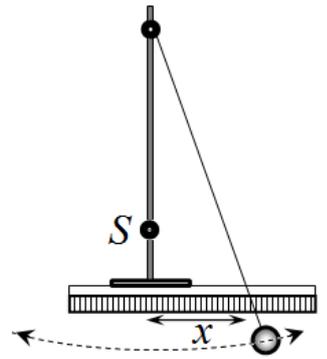
Кратко укажите, как вы проводили эти измерения.

2.2 Укажите, какая из измеряемых величин пропорциональна энергии маятника в крайнем положении.

2.4 На основании экспериментальных данных найдите среднее значение относительных потерь механической энергии за один период колебаний  $\varepsilon_1 = \frac{\Delta E}{E}$  (при больших и малых отклонениях). Обоснуйте свои расчеты линеаризованным графиком зависимости энергии от числа колебаний.



2.5 Расположите в нижней части штатива стержень, так чтобы нить в процессе движения натывалась на него. Отклоняйте маятник на такой угол, чтобы нить изгибалась при соприкосновении со стержнем, но не наматывалась на него. Такое движение очень похоже на удар – нить также быстро отскакивает!



Проведите аналогичные измерения и определите относительные потери энергии  $\varepsilon_2 = \frac{\Delta E}{E}$  в этом случае (достаточно провести одну серию измерений)

2.6 Сравните полученные значения, укажите какая из причин (сопротивление воздуха или «неупругость» удара) приводит к большим потерям энергии.

### Часть 3. Намотка.

В верхней части штатива закрепите лист картона с угломерной шкалой для измерения начального угла отклонения нити  $\varphi_0$

3.1 Исследуйте зависимость угла  $\varphi_0$  (при котором нить начинает накручиваться на стержень) от положения стержня  $l$ .

3.2 Постройте график полученной зависимости. Можете преобразовать (например, линеаризовать) свою зависимость для большей наглядности и возможности сравнения их с теоретической формулой, полученной в первой части данного задания.

3.4 Укажите существенные причины, объясняющие возможные различия между теоретическими и экспериментальными зависимостями.