

Условие

Задание 2. Что такое длина и ширина?

Приборы и оборудование: мензурка объемом 250 мл, две стальные спицы, мультиметр, источник питания ЛИП, резистор с известным сопротивлением (2 кОм), ключ двух полюсной, трубка пластиковая для коктейля, соединительные провода, чистая вода, кусочек наждачной бумаги, салфетки, линейка.

Вам должна быть хорошо знакома формула для расчета сопротивления проводника

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (1)$$

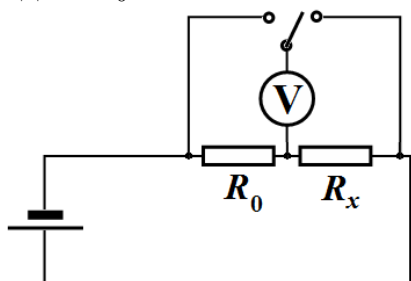
где ρ - удельное сопротивление материала проводника, l - его длина, S - площадь поперечного сечения. Но в каком направлении измерять длину, а поперечное к чему сечение необходимо брать?

При выполнении данной работы вы должны продемонстрировать свое понимание этого вопроса. Вам предстоит измерять электрическое сопротивление слоя воды при протекании тока между спицами, вставленными в воду.

***Время от времени зачищайте спицы наждачной бумагой. После каждой серии экспериментов меняйте воду в мензурке. Не пропускайте большой ток через воду – это приводит к появлению в воде большого числа ионов, которые могут «испортить» результаты ваших экспериментов.

Мультиметр используйте только в режиме вольтметра!***

Для измерения сопротивления используйте электрическую схему, показанную на рисунке. Здесь R_0 -



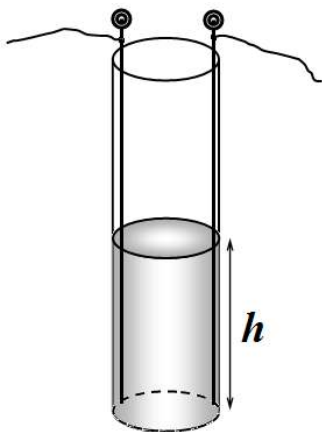
резистор с известным сопротивлением, R_x - измеряемое сопротивление (спицы в мензурке с водой).

Часть 1.

1.1 Запишите формулу, по которой вы будете рассчитывать неизвестное сопротивление в приведенной схеме. Укажите, какие величины вы будете измерять.

Часть 2.

Опустите спицы до дна мензурки на максимальном расстоянии друг от друга. Закрепите их с помощью кусочков скотча.



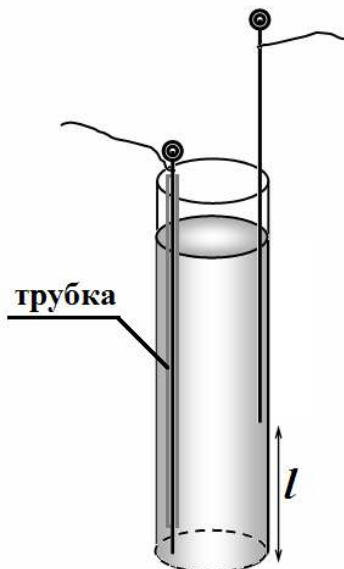
2.1 Измерьте зависимость сопротивления между спицами от высоты налитой в мензурку воды. Постройте график полученной зависимости.

2.2 Нарисуйте схематически как, по вашему мнению протекает электрический ток через воду. Выскажите предположение о виде полученной зависимости $R(h)$, запишите ее в виде формулы, в которой могут быть некоторые параметры. Объясните ваше предположение.

2.3 На основании полученных экспериментальных данных обоснуйте ваше предположение, высказанное в п. 2.2 (*обоснование можно провести с помощью иного графика!*). Определите неизвестные параметры вашей предполагаемой зависимости.

Часть 3.

Одну спицу поместите внутрь пластиковой трубки, так чтобы открытым оставался только нижний конец спицы длиной в 1 см. Мензурку полностью заполните водой. Вторую спицу погружайте в воду на разную глубину.



3.1 Измерьте зависимость сопротивления между спицами от расстояния между концами спиц l (которое можно измерять по вертикали) Постройте график полученной зависимости.

3.2 Нарисуйте схематически как, по вашему мнению протекает электрический ток через воду в этом случае. Выскажите предположение о виде полученной зависимости $R(l)$, запишите ее в виде формулы, в которой могут быть некоторые параметры. Объясните ваше предположение. Возможно, что ваша формула будет приблизительно описывать полученную зависимость только в каком то интервале расстояний l . Объясните возможные причины отклонений результатов измерений от предсказанной вами зависимости.

3.3 На основании полученных экспериментальных данных обоснуйте ваше предположение, высказанное в п. 3.2. Определите неизвестные параметры вашей предполагаемой зависимости.

Часть 4.

На основании полученных экспериментальных данных (каких именно определите самостоятельно) оцените удельное электрическое сопротивление воды.

Оценивать погрешность не нужно!

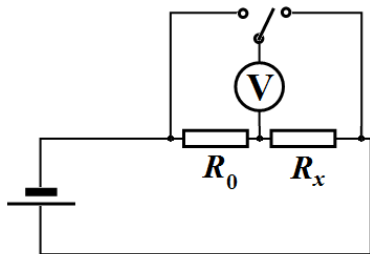
10 Класс. Задание 1. Диффузия соли.

Приборы и оборудование: источник тока (ЛИП, или батарейка 4,5 В), мультиметр, резистор сопротивлением 2,0 кОм, ключ двухполюсный, соединительные провода, две канцелярских скрепки, две полоски картона, тарелка одноразовая, стакан, чайная ложка, секундомер, линейка, вода, соль кухонная, скотч, салфетки бумажные, ножницы.

Намокший картон является проводником электрического тока. Если его посолить, то его электрическое сопротивление заметно падает. Вам предстоит измерить сопротивление картона. Также по измерению изменяющегося сопротивления изучить процесс диффузии соли в мокром картоне.

Внимание! Эксперимент по изучению диффузии длится не менее 20 минут. Планируйте свое время!

Для измерения сопротивления используйте электрическую схему, показанную на рисунке. Здесь R_0 - резистор с известным сопротивлением, R_x - измеряемое сопротивление.



Часть 0. Запишите формулу, по которой вы будете рассчитывать неизвестное сопротивление в приведенной схеме. Укажите, какие величины вы будете измерять.

Картонные полоски подключайте в цепь, используя канцелярские скрепки в качестве контактов. Следите, чтобы они были крепко прижаты к картону. При измерениях картонную полоску размещайте в тарелке. После каждой серии экспериментов с солью промывайте и протирайте тарелку, следите, чтобы ни соль, ни вода в тарелке не оставались.

Часть 1. Сопротивление мокрого картона.

Хорошо намочите полоску картона длиной 10 см в чистой воде. Для этого можете налить воду в тарелку и погрузить в нее полоску. Время намокания должно быть не менее 3-4 минут. Не забудьте слить воду перед измерениями сопротивления. Сначала проведите все измерения этой части, а потом приступайте к их обработке – иначе полоска высохнет.

1.1 Измерьте зависимость сопротивления полоски картона от расстояния между контактами (скрепками). Постройте график полученной зависимости. *Рекомендуем передвигать только одну скрепку, оставляя вторую на месте. Начинайте измерения с малых расстояний.* **1.2** После того, как расстояние между скрепками стало максимальным посолите ее по всей длине – соли не жалейте. Измерьте сопротивление соленой полоски длиной максимальной длины. После того, как вы насыпали соли, подождите несколько минут – дайте соли впитаться.

В этом пункте расстояние между контактами изменять не надо.

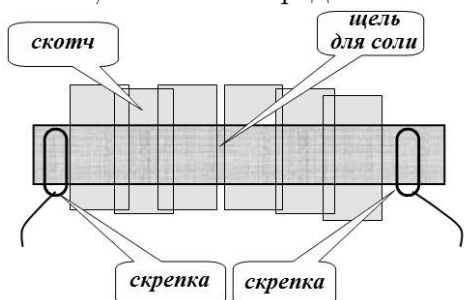
1.3 По полученным данным рассчитайте с максимальной точностью сопротивление одного сантиметра мокрой, но не соленой полоски.

1.4 Рассчитайте сопротивление одного сантиметра мокрой и соленой картонной полоски. *Не забудьте оценить погрешности ваших результатов!*

Часть 2.

Внимательно ознакомьтесь с заданием этой части: повторного эксперимента может и не быть! Разберитесь с тем, что вам нужно будет делать и, только после этого, приступайте к измерениям!

Используйте вторую полоску. Хорошо намочите ее, подключите к ней контакты (скрепки) на расстоянии около 5 см. Положите ее на дно тарелки и почти полностью закройте ее скотчем, но так, чтобы на середине полоски оставалась небольшая щель шириной около 2 мм.



2.1 Измерьте электрическое сопротивление полоски после ее закрепления на дне. Капните на щель немного воды, так, чтобы она покрыла ее. Насыпьте на щель горочку соли, так, чтобы она полностью накрыла щель.

2.2 Измерьте зависимость сопротивления между контактами от времени (не менее 20 минут).

2.3 Постройте график полученной зависимости. Качественно объясните его поведение.

При диффузии, расстояние x , на которое смещаются диффундирующие частицы (в данном случае – ионы соли) связано со временем приближенным уравнением

$$x^2 = 2Dt.$$

2.4 Проверьте выполнимость этого закона в проведенном вами эксперименте. Оцените коэффициент диффузии соли D .

Здесь можно обойтись без оценки погрешности.

Задание 2. Формула Эйлера.

Математическое вступление.

Почему-то все боятся такой замечательно экспоненциальной функции

$$y = e^x, \quad (1)$$

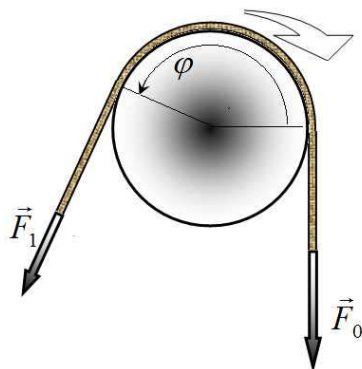
которая также обозначается $y = \exp(x)$.

*Знакома же вам функция 2^x , экспонента принципиально от нее не отличается, только вместо двойки стоит константа $e = 2,71828...$ Но какая Вам разница – все равно будете считать на калькуляторе. Обратную к экспоненте является логарифмическая функция (которую тоже можно подсчитать на калькуляторе), если верно соотношение (1), то верно и обратное:

$$x = \ln y \quad (2)$$

Физическое вступление.

Если нить, или веревка, переброшена через цилиндрическую поверхность, то силы трения и силы натяжения (а с ними и силы нормальной реакции), действующие на отдельные участки нити оказываются взаимосвязанными. В этом случае трение уменьшает силу натяжения не на какую-то величину, в какое-то число раз.



Если нить скользит по поверхности, то соотношение между силами натяжения нити с двух сторон определяется формулой Л. Эйлера

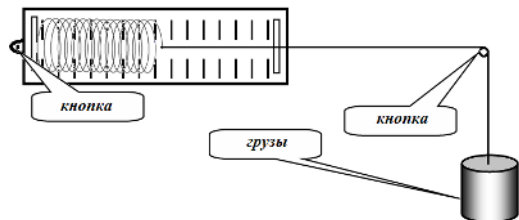
$$F_1 = F_0 \exp(-\mu\varphi), \quad (3)$$

где μ - коэффициент трения нити о поверхность, φ - угол закрутки (в радианах). Обратите внимание, в эту формулу радиус цилиндрической поверхности не входит.

В работе Вам необходимо проверить выполнение этой формулы и рассчитать коэффициент трения нити о стальную иглолку.

Приборы и оборудование: динамометр, 3 кнопки декоративные, нить, набор грузов 6х100 г, скотч.

Закрепите динамометр с помощью кнопки и скотча на торце стола. Воткните в торец стола еще одну кнопку, но так, чтобы часть металлической иглы оставалась открытой (для переброски нити). Прикрепите нить к динамометру, перебросьте ее через иглолку кнопки, на второй конец нити подвешивайте грузы. В этом случае угол закрутки равен $\varphi = 90^\circ$.



Часть 1. Зависимость от массы.

1. Измерьте зависимость показаний динамометра от числа подвешенных грузов. *Будьте аккуратны – из-за трения нити об иглолку существует зона застоя. Поэтому измерения проводите следующим образом: сначала держите грузы в руках, затем медленно, придерживая их, отпускайте, чтобы они двигались вниз до остановки.* 2. Проведите аналогичные измерения для угла закрутки $\varphi = 270^\circ$ (как сделать такой угол – догадайтесь самостоятельно). 3. Постройте графики полученных зависимостей. Определите, можно ли считать, что сила трения уменьшает силу натяжения в одно и тоже число раз. 4. Используя формулу Эйлера, рассчитайте коэффициенты трения нити об иглолку для двух проведенных серий измерений.

Часть 2. Зависимость от угла.

На нить подвесьте два груза. Динамометр держите в руках. Меняя направление конца нити прикрепленной к динамометру можно изменять угол закрутки (допустимо с шагом $\varphi = 45^\circ$).

И в этом случае помните о зоне застоя!

2.1 Измерьте зависимость показаний динамометра от угла закрутки. 2.2 Проведите аналогичные измерения для трех грузов. 2.3 Проверьте выполнимость формулы Л. Эйлера в обоих случаях. 2.4 Определите по этим данным значения коэффициента трения.

Часть 3.

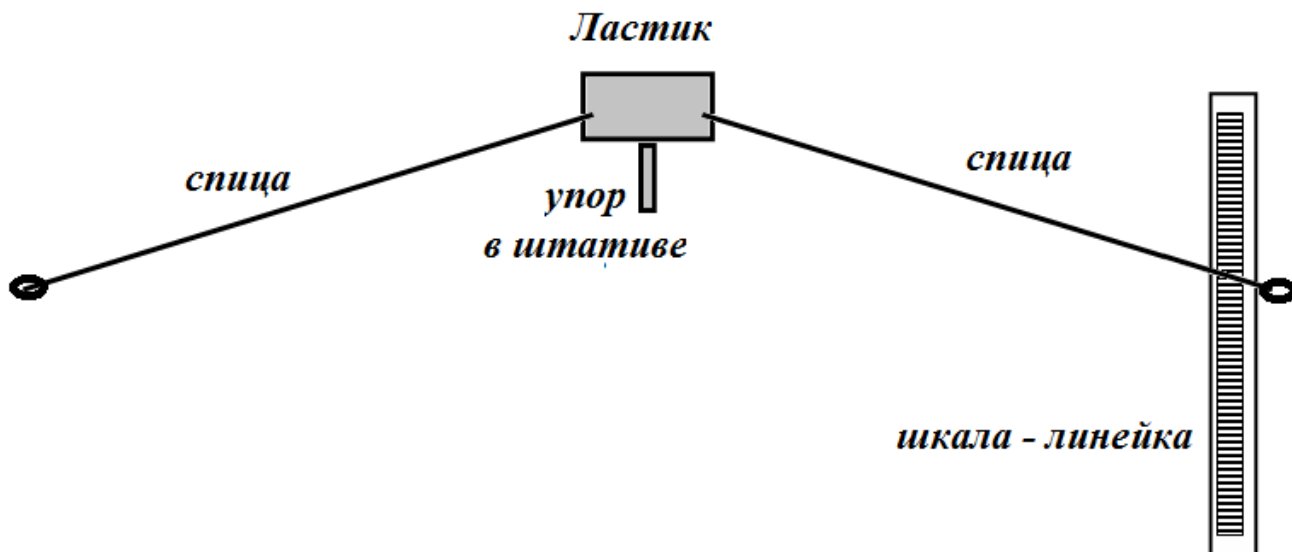
3.1 Рассчитайте среднее значение коэффициента трения нити об иголку по всем своим измерениям.

11 класс. Взвесим все!

Теория весов не так проста и очевидна, как кажется на первый взгляд! Конечно, основой является прави ли рычага, сформулированное еще Архимедом, но и конце 19 века Д.И. Менделеев строил теорию рычажных весов. Вам также предстоит разработать свою собственную теорию, проверить ее на практике и провести ряд различных измерений.

Приборы и оборудование: штатив, ластик, две спицы длиной 30 см, подставка (кусочек фанеры или пластика), 2 линейки 40 см, кусок пластилина, 10 канцелярских скрепок, стакан с водой, гвоздь 100 мм, нитки, кусок алюминиевое проволоки 15 см, два кольцевых магнита, штангенциркуль (один на всех).

Основа вашей работы – самодельные весы, которые вам предстоит разработать самостоятельно.

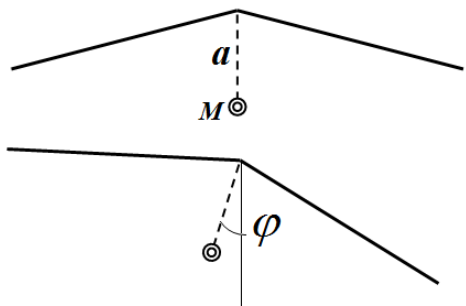


Воткните две спицы симметрично в ластик, так чтобы они держались прочно в нем – это коромысло ваших весов. В лапке штатива зажмите вертикально упор – небольшую пластинку. Поставьте на него ластик со спицами – убедитесь, что весы устойчиво (с колебаниями) удерживаются на упоре. На концы спиц вы можете подвешивать нужные вам предметы. Измерительную линейку следует располагать на столе с помощью пластилина (можно и под небольшим углом к вертикали). Прикрепляя к спице кусочек пластилина Вы можете добиваться нужного вам положения равновесия.

Часть Теоретическая (тоже оценивается!)

Даже если вы ее не выполните – продолжайте работу – используйте собственные градуировочные графики.

Коромысло весов в теории можно заменить на материальную точку некоторой массы M ,



находящейся на расстоянии a от точки подвеса, их произведение $\mu = Ma$ мы назовем основным параметром весов, он заранее не известен, но определяет моменты сил, возникающие при отклонении весов от положения равновесия на некоторый угол φ - который является основной измеряемой величиной.

1.1 Пусть на конец одной из спиц действует некоторая вертикально направленная сила F (например, сила тяжести). Найдите связь между этой силой и углом отклонения коромысла. Используйте основной параметр весов μ , а также геометрические параметры, определяющие положения равновесия коромысла без силы F .

1.2 Предложите наиболее простой способ экспериментального измерения угла отклонения φ . *В дальнейшей работе можете использовать несколько вариантов установок, не забывайте каждый раз их описывать. В остальном вам предоставляется полная свобода выбора!*

Экспериментальная часть.

Часть 1. Градуировка и чувствительность.

Измерения провести для двух весов: 1) угол между спицами близок к прямому, 2) угол между спицами близок к развернутому. Обязательно укажите все параметры обоих весов!

1. На конец одной из спиц постепенно подвешивайте грузы (скрепки). Измерьте зависимость угла отклонения коромысла от числа подвешенных скрепок. 2. Постройте графики полученных зависимостей. Проведите сравнение с результатами ваших «теоретических измышлений». 3. Определите чувствительность (отношение изменения угла отклонения к числу подвешенных скрепок) обоих весов. 4. Укажите пределы измерения масс для обоих весов (в числе скрепок). Сделайте выводы о достоинствах и недостатках каждого весов.

Часть 2. Закон Архимеда.

К концам спиц на нитках привяжите два одинаковых гвоздя. Соберите такую конструкцию весов, чтобы при измерениях один из гвоздей частично погружался в воду в стаканчике. На одну из спиц (выбирайте самостоятельно) постепенно подвешивайте скрепки, так чтобы при этом гвоздь погружался в воду.

1. Исследуйте зависимость силы Архимеда, действующей на гвоздь от глубины его погружения. Постройте график полученной зависимости (при необходимости можете проводить любые дополнительные измерения). 2. Определите массу скрепки. Плотность воды считайте известной.

Часть 3. Поверхностное натяжение.

Алюминиевая проволока Вам выдана, чтобы изгибать ее по своему усмотрению (но не ломать!). Если проволока касается поверхности жидкости, то на нее действует сила поверхностного натяжения.

1. Докажите экспериментально, что сила поверхностного натяжения пропорциональна длине линии разрыва. 2. Определите коэффициент поверхностного натяжения воды.

Часть 4. Магнитная.

Все измерения проведите для одного и двух магнитов, сложенных вместе. Гвоздь должен располагаться по оси магнитов, острием к магнитам

1. Измерьте зависимость силы притяжения гвоздя к магниту от расстояния между магнитом и острием гвоздя. 2. Постройте графики полученных зависимостей. 3. Сформулируйте гипотезу о виде зависимости (может степенная?), предложите формулу для описания экспериментальных данных, проверьте ее с помощью полученных результатов измерений, определите параметры этой формулы.

Решение

Задание 9.2. Что такое длина и ширина?

1.1 Так как при последовательном соединении проводников сила тока одинакова через каждый из них, то справедливо соотношение

$$\frac{U_R}{R_0} = \frac{U_x}{R_x},$$

из которой следует расчетная формула для измеряемого сопротивления

$$R_x = R_0 \frac{U_x}{U_R} \quad (1)$$

Таким образом, для измерения неизвестного сопротивления необходимо измерить напряжения на измеряемом и известном резисторах.

Если бы напряжение источника было стабилизировано, то достаточно было измерить напряжение на одном из них.

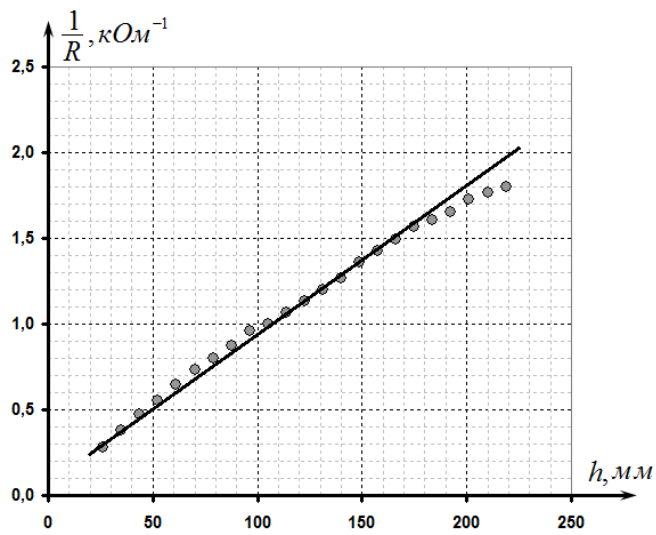
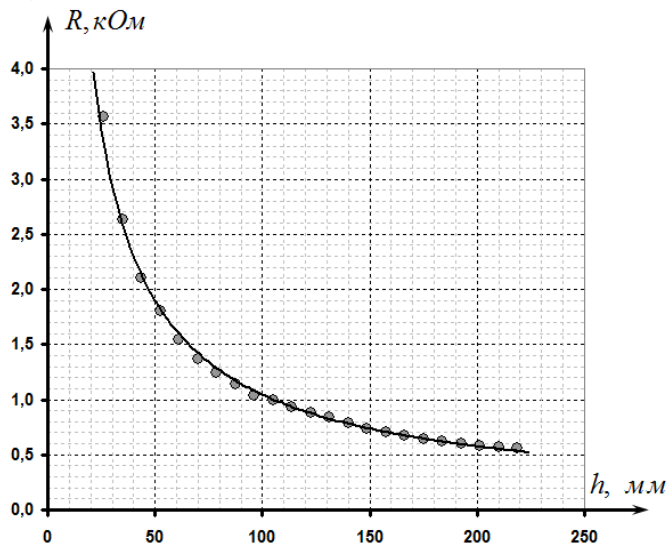
Часть 2.

Результаты измерений напряжений в зависимости от высоты уровня налитой воды представлены в Таблице 1. В ней же приведены результаты расчета сопротивления воды между электродами. Удобно проводить измерения по шкале мензурки, которая задана в миллилитрах. Простым измерением легко установить, что объему $V_0 = 200$,мл соответствует высота $h_0 = 175$,мм. Поэтому высота уровня налитой жидкости рассчитывается по формуле $h = V \frac{h_0}{V_0}$.

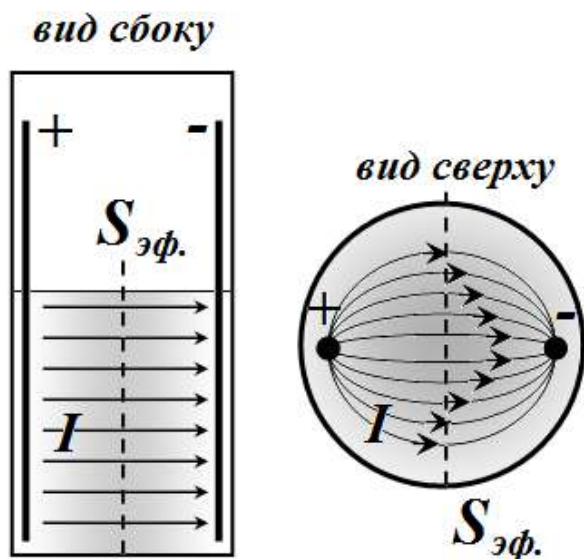
Таблица 1. Зависимость от высоты столба воды.

$V_{\text{мл}}$	**$U_r, \text{В}$**	**$U_x, \text{В}$**	**$Rx, \kappa\text{ОМ}$**	**$1/Rx, \kappa\text{ОМ}^{-1}$**	**$h_{\text{см}}$**
30	1,64	2,92	3,56	0,28	26,25
40	1,95	2,57	2,64	0,38	35,00
50	2,22	2,33	2,10	0,48	43,75
60	2,38	2,15	1,81	0,55	52,50
70	2,57	1,99	1,55	0,65	61,25
80	2,69	1,84	1,37	0,73	70,00
90	2,81	1,75	1,25	0,80	78,75
100	2,89	1,65	1,14	0,88	87,50
110	3,00	1,56	1,04	0,96	96,25
120	3,05	1,52	1,00	1,00	105,00
130	3,10	1,45	0,94	1,07	113,75
140	3,15	1,39	0,88	1,13	122,50
150	3,21	1,34	0,83	1,20	131,25
160	3,25	1,28	0,79	1,27	140,00
170	3,32	1,22	0,73	1,36	148,75
180	3,36	1,18	0,70	1,42	157,50
190	3,41	1,14	0,67	1,50	166,25
200	3,45	1,10	0,64	1,57	175,00
210	3,47	1,08	0,62	1,61	183,75
220	3,47	1,05	0,61	1,65	192,50
230	3,52	1,02	0,58	1,73	201,25
240	3,54	1,00	0,56	1,77	210,00
250	3,56	0,99	0,56	1,80	218,75

$R, \kappa\text{ОМ}$



$\frac{1}{R}, \kappa\text{ОМ}^{-1}$



На рисунке показан график полученной зависимости. Кривая очень похожа на гиперболу, намекающую на обратно пропорциональную зависимость.

Схематическое распределение токов в этом случае показано на следующем рисунке. Ток протекает между боковыми поверхностями спиц, поэтому высота уровня жидкости определяет площадь некоторого эффективного поперечного сечения. Поэтому разумно предположить, что измеренное сопротивление обратно пропорционально высоте уровня жидкости

$$R_x = \frac{A}{h}. \quad (2)$$

где A - некоторая постоянная величина. Для проверки этого предположения можно построить график зависимости проводимости от высоты уровня жидкости

$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{A}h. \quad (3)$$

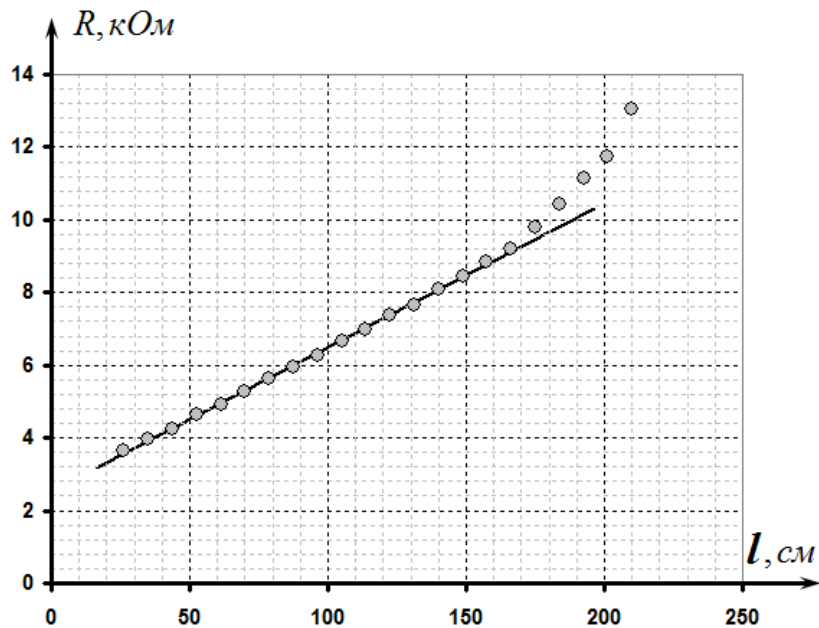
Построенный график подтверждает сделанное предположение – так как он очень близок к линейному. Только при больших h наблюдаются отклонения от пропорциональной зависимости. Коэффициент наклона этого графика примерно равен $0,009 \text{ кОм}^{-1}\text{мм}^{-1}$. Следовательно, параметр A в формуле (2) примерно равен

$$A = 11 \text{ кОм} \cdot \text{мм}. \quad (4)$$

Часть 3.

Результаты измерений и расчетов сопротивлений представлены в Таблице 2. Рядом показан график полученной зависимости. **Таблица 2.**

$V_{\text{мл}}$	U_r, B	U_x, B	$R_x, \text{кОм}$	$h \text{ см}$
30	1,61	2,94	3,65	26,25
40	1,53	3,02	3,95	35,00
50	1,45	3,09	4,26	43,75
60	1,37	3,17	4,63	52,50
70	1,31	3,23	4,93	61,25
80	1,25	3,29	5,26	70,00
90	1,19	3,35	5,63	78,75
100	1,14	3,4	5,96	87,50
110	1,1	3,44	6,25	96,25
120	1,05	3,49	6,65	105,00
130	1,01	3,52	6,97	113,75
140	0,97	3,57	7,36	122,50
150	0,94	3,6	7,66	131,25
160	0,9	3,64	8,09	140,00
170	0,87	3,67	8,44	148,75
180	0,84	3,71	8,83	157,50
190	0,81	3,73	9,21	166,25
200	0,77	3,77	9,79	175,00
210	0,73	3,81	10,44	183,75
220	0,69	3,84	11,13	192,50
230	0,66	3,88	11,76	201,25
240	0,6	3,92	13,07	210,00



Полученная зависимость близка к линейной. Примерное распределение токов в этом случае показано на следующем рисунке. В этом случае расстояние между спицами играет роль некоторой эффективной длины проводника, поэтому сопротивление воды между спицами в этом случае оказывается примерно линейно зависящим от l , что и подтверждается экспериментальными данными. Небольшое дополнительное сопротивление может быть связано с ограничением токов вблизи острия спиц. Функционально данная зависимость описывается

формулой

$$R_x = al + b \quad (5)$$

Параметры этой формулы можно найти с помощью построенного графика

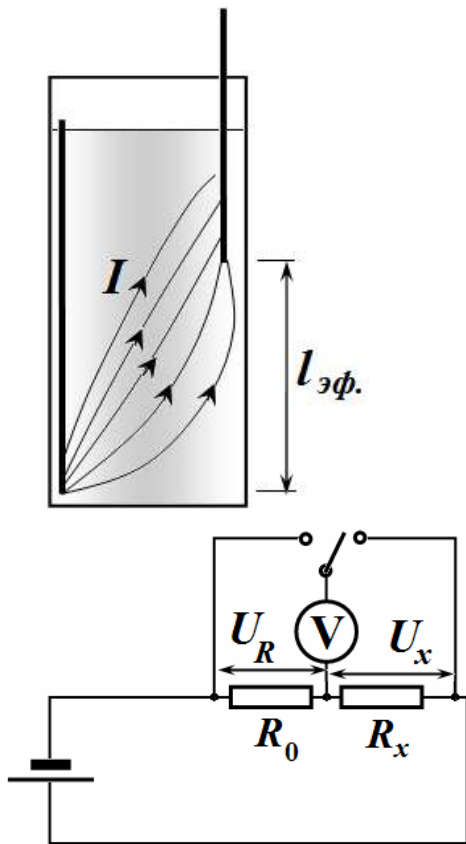
$$a \approx 0,04 \frac{\text{кОм}}{\text{мм}}, \quad b \approx 2,5 \text{ кОм}. \quad (6)$$

Полученное значение коэффициента наклона графика представляет собой сопротивление одного миллиметра столба воды, что дает возможность оценить ее удельное электрическое сопротивление

$$a = \frac{\Delta R}{\Delta l} = \frac{\rho}{S} \Rightarrow \rho = aS = a \frac{V_0}{h_0}. \quad (7)$$

Подстановка численных значений дает

$$\rho = a \frac{V_0}{h_0} = 0,04 \frac{10^3 \text{ Ом}}{10^{-3} \text{ м}} \cdot \frac{200 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{175 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \approx 45 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (8)$$



¹, В своих измерениях мы использовали стабилизированный источник поэтому данные приведены только для напряжения U , расчеты проведены по формуле (2). x