



## Исследовательские методы обучения на уроках физики в школе

**Автор демонстрирует примеры, как можно вводить элементы исследовательской деятельности в экспериментальную часть школьного курса физики с целью заинтересовать детей, пробудить у них интерес к явлениям природы, дать возможность почувствовать взаимосвязь всех жизненных процессов.**

**Оборотова Елена Авийтиновна,**

учитель физики лицея № 1553 «Лицей на Донской», г. Москва

На первом же уроке физики, когда я только знакомлюсь с учениками, то говорю, что физика — наука о природе, окружающем нас мире. Моя основная задача — заинтересовать детей, пробудить интерес к явлениям природы, дать возможность почувствовать взаимосвязь всех жизненных процессов. Один из способов ее решения — введение элемента исследовательской деятельности в экспериментальную часть школьного курса. Алгоритм наших занятий следующий:

- 1) формулирование некоей закономерности;
- 2) обсуждение возможности опытной проверки, постановка задачи эксперимента, выбор методов и материальной базы;
- 3) обсуждение возможных результатов, источников погрешностей и способов их учета;
- 4) постановка эксперимента;
- 5) обработка полученных данных, расчет погрешностей эксперимента. На этом этапе возможны различные способы предъявления результата;
- 6) вывод на основе полученных результатов, сравнение с тем, что ожидалось перед постановкой эксперимента.

Проводить такого рода экспериментальную работу можно различными способами.

### Физический практикум

В конце учебного года несколько уроков отводятся для освоения практических навыков проведения эксперимента. На каждом занятии ученик выполняет одну работу (ребят можно объединить в группы по двое). Задачи подобраны из различных разделов курса. Дети получают описание задачи заранее. Оно состоит из теоретической части и контрольных вопросов. На основании ответов на контрольные вопросы выставляется оценка за подготовку к занятию. Задачи сдаются строго индивидуально в форме устного отчета с предъявлением письменных результатов и выводов. Особое внимание уделяется оформлению результатов и их объяснению.

За это выставляется вторая оценка. В зависимости от выделенного для практикума времени, каждый ученик должен выполнить от трех до пяти работ.

Я и мои коллеги разработали несколько задач для физического практикума (Приложение 1). Они отличаются от стандартных лабораторных работ: а) содержат больший объем теоретического материала; б) ориентированы на исследовательский подход к физическим явлениям.

## Общий план работы

Я предлагаю ученикам провести научное исследование.

Чем такая работа отличается от обычного лабораторного занятия?

1. Я заранее рассказываю ученикам о теме предстоящей работы, указываю на те задачи, которые нам предстоит решить в ходе эксперимента, но не предсказываю точный результат.
2. Мы вместе продумываем ход эксперимента, необходимое оборудование, затем вместе готовим его.
3. Вместе готовим образцы, проводим измерения, тщательно фиксируем результаты.
4. Итогом работы является написание статьи каждым учеником.

Тему исследования можно подбирать в зависимости от имеющихся в распоряжении учителя приборов и материалов.



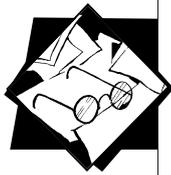
## Распределение времени работы

Например, в курсе изучения физики в 8 классе в конце 2-й четверти в качестве объекта исследования я выбрала лед: его приготовление не требует никаких затрат, отдельные образцы можно готовить с примесями.

На всю работу я выделила три урока.

*Первый урок – подготовительный.* На нем я рассказала о видах кристаллов, типах кристаллических решеток и их физических свойствах, затем перешла непосредственно к объекту исследования – льду. Мы коснулись форм существования льда в природе: на Земле, на других планетах. Особое внимание было уделено таким вещам, как:

- различные типы льда в зависимости от кристаллических решеток, существование разных типов на Земле и других планетах;
- лед в естественных условиях на Земле. Особенности поведения ледников и связанные с ними свойства льда («течение» льда, пульсация ледников, изменение свойств льда в зависимости от глубины залегания);
- снег как разновидность льда (образование снежинок, поведение большой снежной массы, образование лавин и их физические свойства);



- возможность существования жизни в толще льда, в подледных озерах.

Далее я предложила ребятам рассматривать лед как объект наших физических исследований. Я изложила план нашего эксперимента, мы обсудили вопросы, ответы на которые должны дать наши исследования.

Последнюю часть урока мы посвятили обсуждению оборудования (число пластиковых бутылок для изготовления образцов, количество соли и сахара для примесей и т. д.).

Основной целью урока было заинтересовать детей неожиданными и не всегда понятными свойствами льда и представить его как возможный объект эксперимента.

*Второй урок — подготовка образцов.* Ребята тщательно растворяли соль и сахар в воде. Образцов требовалось много, примеси нужно тщательно отмерять, каждый образец обязательно помечался (маркером либо ручкой на кусочке приклеенного лейкопластыря).

Когда образцы были готовы, мы еще раз обсудили будущие измерения, все необходимое для их проведения. Я рассказала, как лучше вести записи измерений, как заранее распределить место в рабочей тетради, подготовить таблицы.

Оставшуюся часть урока (примерно 15 минут) я потратила на ознакомление с методикой написания статьи как результата работы. Я дала план статьи, пояснила критерии оценки работы. Основная идея: даже слабый ученик может написать работу на «три», не привлекая дополнительной литературы. Чтобы получить оценку «пять», необходимо самостоятельное изучение специальной литературы, грамотное описание эксперимента и подробные выводы.

*Третий урок — непосредственно эксперимент.* Мы проводили измерения все вместе (в больших классах целесообразно деление на группы). В ходе работы важно все время напоминать о необходимости вести подробные записи с комментариями.

После измерений я объяснила, как обрабатывать полученные данные, на что обратить внимание при построении графиков, еще раз озвучила основные принципы при написании статьи.

## Ход работы

Прежде всего хочу отметить, что успех обучающего исследования во многом зависит от качества подготовки эксперимента учителем, поэтому я буду описывать именно его работу.

*1. Подготовка вступительного доклада.* Доклад должен быть интересным, захватывающим, нужно использовать как можно больше наглядного материала:

- слайды с видами ледников;
- плакаты с типами кристаллических решеток;



- образцы кристаллов разных видов;
- космические снимки ледников Земли;
- выдержки из художественной литературы;
- примеры из жизни.

Можно задавать ребятам вопросы типа: почему лед колется? Почему коньки скользят? Но только для привлечения внимания ребят. Дискуссия может отвлечь от материала доклада.

Ученики должны с самого начала понимать, что эта лекция — не просто форма урока, поэтому желателен элемент зрелищности и развлечения. При этом необходимо донести до учеников новую для них информацию. Проведение лекции, пожалуй, — самая трудная часть работы, требующая от учителя длительной подготовки, творческого подхода и личного интереса.

2. *Подготовка плана эксперимента.* План эксперимента надо подготовить так, чтобы он логически следовал из прочитанной лекции. У меня он выглядел так:

- а) зависимость температуры плавления льда от примесей;
- б) наблюдение кристаллизации льда в различных условиях;
- в) увеличение объема воды при замерзании.

К обсуждению плана проведения эксперимента учеников надо привлечь так, чтобы у них возникло ощущение участия в его разработке.

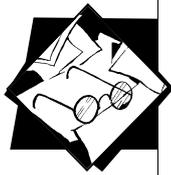
3. *Подготовка эксперимента.* Для работы использовались пластиковые бутылки емкостью два литра (их ученики приносили заранее). На каждую бутылку нужно наклеить полоску бумаги с разметкой объема. Для приготовления примесей требуется около 1,5 кг сахара и 1 кг соли. Из оборудования нам понадобился обычный бытовой спиртовой термометр со шкалой от  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Оказалось, что напрямую отследить изменение объема трудно (бутылка стоит неровно, соответственно, неровным получается уровень замерзшей жидкости). Для определения объема образца мы пользовались законом Архимеда: брали кастрюлю, заполненную водой до краев, полностью погружали в нее образец и мерили объем вытесненной жидкости.

4. *Проведение эксперимента.* Перед тем, как проводить измерения с учениками, я провела их самостоятельно и убедилась, что термометр позволяет заметить изменение температуры плавления в зависимости от концентрации примесей. Изменение объема можно заметить лишь качественно, поэтому основное внимание я постаралась уделить первой части эксперимента.

4.1 *Подготовка образцов.* В бутылки с отрезанными горлышками наливался 1 л воды из-под крана. В воде растворялось различное количество соли и сахара (сахара от 1 до 15 столовых ложек, соли — от 1 до 15 чайных ложек). В качестве мерки использовали бытовой мерный стаканчик. Одна бутылка осталась с чистой водой. Образцы замораживались на улице. Часть образцов заморозили в плотно закрытых бутылках.





*4.2. Измерения.* Для измерения температуры плавления образцы выставились на стол, мы дождались, когда лед начал плавиться. Как известно, во время плавления температура смеси «лед+вода» не меняется и равна температуре плавления. Температура мерилась термометром, и показатели заносились в таблицу (на доске и учениками в тетради):

| Сахар             |                   | Соль               |                    |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Число стол. ложек | Температура плав. | Число чайных ложек | Температура плавл. |
| 1                 | .....             | 1                  | .....              |
| 2                 | .....             | 2                  | .....              |

По результатам ученики должны были самостоятельно построить графики зависимости температуры плавления от примесей и попытаться объяснить их характер.

В закрытых бутылках мы пытались получить переохлажденную жидкость, чтобы пронаблюдать мгновенную кристаллизацию. Эта часть эксперимента не удалась, что и было зафиксировано в рабочих тетрадях (было предложено продумать самостоятельно отрицательный результат и возможность более точной постановки опыта).

Мы смотрели на изменение объема жидкости при замерзании описанным выше способом. Объем вытесненной жидкости измеряли проградуированной бутылкой (в этой части эксперимента вода расплескивается по всему столу, надо иметь под рукой тряпку). Отметим качественный характер результата (причины этого и возможность уточнения опыта — на самостоятельное обдумывание).

#### *5. Подведение итогов.*

После эксперимента необходимо еще раз изложить план статьи:

- а) Вступление. Литературный обзор;
- б) Описание цели эксперимента;
- в) Описание приборов и измерений;
- г) Ход измерений;
- д) Выводы;
- е) Заключение.

Важно обратить внимание школьников, что отрицательный результат — повод для дальнейших размышлений и экспериментов. Необходимо еще раз подчеркнуть, что статья является не просто оформленной лабораторной работой, а связанным текстом, рассчитанным на не знакомого с результатами читателя.

#### *6. Написание статьи.*

Срок написания — 1 неделя, но для хорошей оценки необходима большая самостоятельная работа, и в индивидуальном порядке срок мог быть продлен.



Мне кажется, что каждый урок может проходить как научное открытие, и в создании атмосферы изучения неизведанного вместе с учениками я вижу свою задачу учителя.

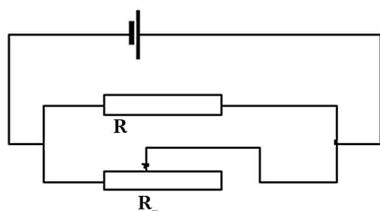
## Приложение

# Лабораторные работы для физического практикума

## Лабораторная работа 1. Проводники, реостаты, приборы

Целью работы является нахождение общего сопротивления цепи, содержащей переменное сопротивление.

Мы будем исследовать схему, состоящую из соединенных параллельно сопротивлений: постоянного  $R$  и переменного  $R_x$ .



Известно, что суммарное сопротивление  $R_0$  вычисляется по формуле:

$$R_0 = \frac{R \times R_x}{R + R_x}. \quad (1)$$

Представим себе, что у нас есть возможность изменять

значение  $R_x$  от нуля до бесконечности.

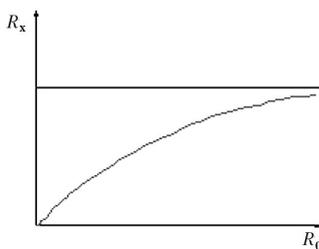
Пусть  $R_x = 0$ , тогда, как видно из формулы,  $R_0 = 0$ . В этом случае весь ток устремится по нижнему проводу, верхнее сопротивление останется не задействованным (см. рисунок).

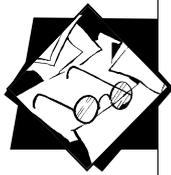
Пусть теперь  $R_x$  очень большое. Преобразуем формулу, разделив числитель и знаменатель на  $R_x$ :

$$R_0 = \frac{R}{\frac{R}{R_x} + 1}.$$

При больших значениях  $R_x$  отношение  $R/R_x$  становится меньше или, как говорят, стремится к нулю. В знаменателе остается только единица. Иначе говоря, если  $R_x$  стремится к бесконечности, то  $R_0$  стремится к  $R$ . Нижняя ветвь схемы (см. рисунок) оказывается как бы разорванной, и весь ток устремляется через верхнее сопротивление.

Построим график зависимости общего сопротивления (ось ординат) от сопротивления реостата (ось абсцисс). Он будет иметь следующий вид:





Нашей задачей является:

1. Построение теоретической зависимости  $R_0$  от  $R_x$ .
2. Экспериментальное определение зависимости  $R_0$  от  $R_x$  в доступном диапазоне значений сопротивления реостата. Построение экспериментальной кривой.
3. Учет погрешностей, связанных с внутренним сопротивлением приборов (недостаточно большим у вольтметра, недостаточно малым у амперметра). Сравнение теоретической и экспериментальной зависимости. Выводы.

### Измерения и расчеты

В нашем эксперименте мы используем следующую электрическую цепь (значение сопротивления  $R$  узнать у преподавателя)

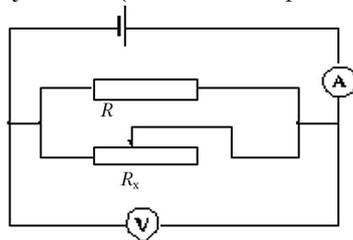


Схема 1



Изменяя величину  $R_x$  (подкручивая реостат), мы снимаем показания с приборов — амперметра и вольтметра. Таким образом, мы узнаем общий ток  $I$  и общее напряжение  $U$ . Для каждого значения нам необходимо рассчитать значение сопротивления  $R_x$ , выставленное нами, и зависящее от него общее сопротивление  $R_0$ . Второе считается просто. По закону Ома имеем:

$$R_0 = \frac{U}{I}. \quad (2)$$

Для подсчета  $R_x$  приведем выкладки: ( $I_R$  — ток через сопротивление  $R$ ,  $I_x$  — ток через реостат)

$$I_R = \frac{U}{R}; \quad I_x = \frac{U}{R_x}; \quad I = I_R + I_x, \text{ следовательно,}$$

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R}}. \quad (3)$$

(мы учли, что при параллельном соединении проводников токи складываются, а напряжения одинаковы. При подготовке к работе вам необходимо провести самостоятельно вывод формулы (3)).

### Порядок выполнения работы

1. Изучить приборы. Выяснить значение  $R$ . Используя формулу (1), построить теоретическую зависимость  $R_0$  от  $R_x$

по точкам (не менее десяти точек, представить расчеты в виде таблицы)

|                      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| $R_x$                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| $R_{0(\text{теор})}$ |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

2. Собрать схему 1. Покрутив ручку реостата, выяснить, в каком диапазоне меняются показания приборов. Установить сопротивление реостата на минимум. Постепенно увеличивая  $R_x$ , снять показания приборов (не менее десяти точек).

3. Рассчитать значение  $R_0$  и  $R_x$  для каждой точки. Результаты представить в виде таблицы:

|     |     |       |       |                      |
|-----|-----|-------|-------|----------------------|
| $U$ | $I$ | $R_x$ | $R_0$ | $R_{0(\text{теор})}$ |
|     |     |       |       |                      |

Первый и второй столбцы – непосредственные показания приборов.  $R_x$  (третий столбец) находим по формуле (3),  $R_0$  (четвертый столбец) находим по формуле (2). В последний столбец заносится теоретическое значение  $R_0$ , посчитанное по формуле (1) при подстановке соответствующего значения  $R_x$  (из третьего столбца).

4. На график (п. 1) нанести экспериментальные точки, построить экспериментальную кривую (обязательно цветом, не совпадающим с теоретической).

5. Провести анализ погрешностей измерений.

6. Письменно представить выводы.

*Литература:* Пинский А. А. и др. Физика и астрономия. Глава 8, п. 1, 2, 3.

#### Контрольные вопросы

1. Как считать сопротивление цепи, содержащей последовательные и параллельные соединения резисторов?
2. Сила тока и напряжение на элементах цепи.
3. Вывод формулы (3).
4. Как влияет внутреннее сопротивление приборов на результаты измерений?

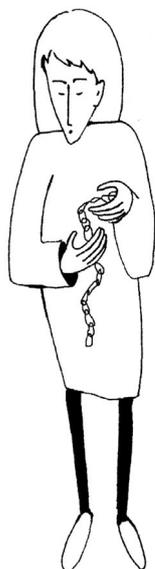
## Лабораторная работа 2. Выбор метода измерения сопротивления

**Цель работы:** применение закона Ома для выбора оптимальных условий эксперимента.

Нами были использованы резисторы известной величины, амперметр, вольтметр, источник тока, провода, ключ.

Для точных измерений напряжения и силы тока вольтметр должен обладать бесконечно большим сопротивлением, амперметр —

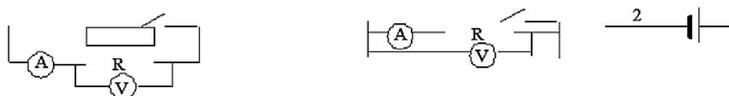




бесконечно малым. В действительности это не так. Будем называть сопротивление вольтметра  $R_B$ , сопротивление амперметра —  $R_A$ . В ходе эксперимента нам необходимо померить напряжение на резисторе, силу протекающего через него тока, а затем по закону Ома посчитать сопротивление и сравнить с величиной, представленной на резисторе. Схему для измерения можно собрать двумя способами.

Введем обозначения:

- $R_B$  — сопротивление вольтметра;
- $R_A$  — сопротивление амперметра;
- $R_1$  — результат подсчета сопротивления по схеме 1;
- $R_2$  — результат подсчета сопротивления по схеме 2;
- $R$  — истинное значение сопротивления резистора;
- $U$  — показания вольтметра;
- $I$  — показания амперметра;
- $I_B$  — ток, протекающий через вольтметр;
- $U_A$  — напряжение на амперметре.



Мы проводим измерения сначала по схеме 1, затем по схеме 2. В каждом случае получаем значение сопротивления:

$$R_1 = \frac{U}{I}, \quad R_2 = \frac{U}{I}.$$

Посмотрим, как отличаются значения  $R_1$  и  $R_2$  от  $R$  из-за сопротивлений измерительных приборов.

Для схемы 1 имеем:

$$R_1 = \frac{U - U - \frac{U}{I_R}}{I_R + I_B I_R + \frac{U}{R_B} 1 + \frac{U}{(I_R \cdot R_B)}}.$$

Мы учли, что

$$I = I_R + I_B, \quad I_B = \frac{U}{R_B},$$

$$R_1 = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_B}}. \tag{1}$$

Из формулы (1) видно, что чем меньше значение  $R$ , тем ближе значение знаменателя к единице. Значит, для малых сопротивлений схема 1 может быть успешно использована.

Для схемы 2 имеем:

$$R_2 = \frac{U - U_A + U_R - I R_A I R}{[I]} = R_A + R,$$

$$R_2 = R \left( 1 + \frac{R_A}{R} \right). \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что при больших сопротивлениях выражение в скобках близко к единице, значит, схема 2 подходит для измерения больших сопротивлений.

*Ход работы*

1. Собрать схему 1.
2. Замкнуть ключ, снять показания приборов.
3. Провести измерения с несколькими резисторами.
4. Показания занести в таблицу.
5. Рассчитать значение  $R_1$  для каждого резистора, занести результат в таблицу.
6. Собрать схему 2.
7. Выполнить пункты 2–5.
8. Рассчитать значение  $R_2$  для каждого резистора, занести результат в таблицу.
9. Сделать выводы: какая схема лучше подходит для измерения сопротивления каждого резистора.

| Схема 1 |     |     |       |   | Схема 2 |     |       |   |
|---------|-----|-----|-------|---|---------|-----|-------|---|
| $R$     | $U$ | $I$ | $R_1$ | * | $U$     | $I$ | $R_2$ | * |
|         |     |     |       |   |         |     |       |   |
|         |     |     |       |   |         |     |       |   |
|         |     |     |       |   |         |     |       |   |
|         |     |     |       |   |         |     |       |   |

\* плюсом или минусом в этом столбце отметьте возможность использовать эту схему для измерений.

