

Лекция № 7. Методы обучения физике: учебный физический эксперимент.

Учебный физический эксперимент рассматривают как источник знаний, метод обучения, вид наглядности (А.И. Бугаев). Учебный физический эксперимент – это воспроизведение на занятиях с помощью специальных приборов физического явления или процесса в условиях, наиболее удобных для наблюдения. Лабораторные исследования обеспечивают познание учеником или студентом окружающего мира на основе собственных действий.

Уточним его роль. Во-первых, эксперимент является объектом усвоения при изучении физики в школе. Достигается это с помощью разных методов (словесных, наглядных, практических). Во-вторых, физический эксперимент является методом обучения. С его помощью происходит усвоение физических знаний, в том числе и экспериментального метода. Здесь отражается специфическая особенность физики как экспериментальной науки. В-третьих, физический эксперимент позволяет обеспечить чувственную и логическую наглядность, т.е. помогает выделить явление, выяснить его существенные стороны. У школьников они позволяют формировать важные личностные качества (аккуратность; организованность, настойчивость в получении результата).

Физический эксперимент может быть конкретным выражением информационно-рецептивного метода (показ опыта учителем), репродуктивного метода (фронтальные опыты), исследовательского метода (планирование, проведение, анализ результатов опыта). Таким образом возможности школьного учебного физического эксперимента весьма велики.

Выделяют следующие задачи эксперимента:

- Усвоение важнейших методов исследования природы (наблюдение, эксперимент, анализ, синтез и др.).
- Обеспечение наилучшего изучения понятий, законов, теорий, формирование умений применять знаний на практике.
- Развитие интереса к физике, создание познавательной мотивации.
- Формирование общеучебных умений и творческих способностей.
- Формирование практических умений и навыков, подготовка к труду, знакомство с техникой и технологией.
- Формирование исследовательских и экспериментальных умений.

Исследовательское экспериментальное умение – способ деятельности, включающий **умственные и практические действия**, соответствующие научно-исследовательской деятельности и подчиняющиеся логике научного исследования, направленные на решение экспериментальной задачи или проверку выдвинутой гипотезы. **Экспериментальные умения** включают интеллектуальные умения и практические. К первой группе относятся умения: определять цель эксперимента, выдвигать гипотезы, подбирать приборы, планировать эксперимент, вычислять погрешности, анализировать результаты, оформлять отчет о проделанной работе. Ко второй группе

относятся умения: собирать экспериментальную установку, наблюдать, измерять, изменять параметры. Умение считается сформированным, если правильно, полно и в нужной последовательности выполняются все действия в его составе.

Формирование экспериментальных умений почти целиком базируется на лабораторных работах. Физика - наука экспериментальная. Мы должны научиться сами и научить наших подопечных умению **задавать вопросы природе** и иногда получать ответы. Экспериментальную технику можно формировать по-разному, но главное здесь – формирование двух обобщенных умений. Это умение **моделировать** и умение **измерять**. Уровень решаемых экспериментально задач должен соответствовать уровню подготовки учащихся. В школе это уровни средних и старших классов. Студенты логично подразделяются на «технарей», гуманитариев и естественников (физиков, химиков, биологов и т.п.). Каждому уровню соответствует определенный вариант лабораторного практикума.

Сама технология формирования экспериментальных умений включает:

- знакомство учащихся с методом экспериментального физического исследования в ходе демонстраций физических явлений, изучения описаний исторических опытов;

- обучение учащихся отдельным компонентам-действиям умения, то есть ставить цель исследования, формулировать гипотезу, проводить наблюдения, измерения и пр.;

- проведение простых исследований в ходе фронтальных и домашних опытов;

- проведение исследований в ходе выполнения лабораторных работ по инструкции;

- проведение исследований в ходе выполнения лабораторных работ с элементами самостоятельного исследования;

- проведение самостоятельных исследований.

Эта технология осваивается поэтапно, от средних классов до окончания курса физики в вузе. Как любой способ деятельности, экспериментальное умение формируется в соответствующей деятельности – в ходе эксперимента

Профессиональное экспериментальное исследование по физике включает цепочку последовательных действий, в том числе:

- формулировку цели: выявление физической закономерности, формулировку и проверку гипотезы и пр.;

- планирование эксперимента, разработку принципиальной схемы установки, определение ее параметров;

- подбор элементов установки – объекта исследования, воздействующего элемента, управляющего элемента, индикатора; отбор оборудования;

- сборка и отладка экспериментальной установки;

- проведение эксперимента, наблюдения и измерения;

- оформление отчета о работе – выполнение записей и зарисовок, вычислений, построение графиков по таблицам;

- анализ и оценка результатов,
- формулирование выводов.
- публикации.

Лабораторные работы есть модель реальных физических экспериментов. Ясно, что профессиональный подход требует освоения, в том числе в ходе выполнения лабораторных работ. Выделяют три вида лабораторных занятий:

- фронтальные лабораторные работы по физике;
- физический практикум;
- домашние экспериментальные работы по физике.

Система школьного физического эксперимента:

1. Демонстрационный эксперимент:

- а) фундаментальные опыты,
- б) демонстрация явлений,
- в) демонстрация объектов,
- г) демонстрация технических объектов, моделей,
- д) изучение явлений: измерение, экспериментальные задачи и др.

2. Фронтальный эксперимент:

- а) опыты и наблюдения,
- б) экспериментальные задачи,
- в) лабораторные работы.

3. Физический практикум:

- а) одночасовые или двухчасовые работы,
- б) проблемные (или нет) работы.

4. Внеклассные опыты и наблюдения (внеурочный эксперимент):

- а) домашние экспериментальные задачи, моделирование,
- б) наблюдения в природе, опыты на бытовом материале,
- в) опыты на занятиях кружка, лабораторные работы,
- г) исследовательская работа, создание приборов и устройств.

Основные требования к демонстрации (опыту):

- Учащиеся должны быть подготовлены к восприятию опыта: актуализация знаний, формулировка цели, знакомство с установкой, система заданий по опыту и др.

- Явление должно демонстрироваться в наиболее простом ("чистом") виде: учет техники демонстрации (расположение приборов, освещенность, проецирование, указатели и т.п.), наиболее простые и распространенные приборы и материалы, связь с опытом школьников, связь с учебником и др.

- Хорошие условия наблюдения опыта: повторяемость опыта, его наглядность, нормальный темп демонстрации, надежность установки, безопасность и др.

- Выводы по демонстрации: связь с изучаемой теорией, формулировка вывода, значение опыта, другие варианты демонстрации (индивидуально) и др.

Теория учебного физического эксперимента:

структура, основные понятия

ОСНОВАНИЕ

Парадигма школьного физического образования (теоретические основы обучения физике). Методология физического эксперимента. История развития УФЭ. Классификация УФЭ. Знания о практике использования УФЭ...

Ядро или основные положения

- Определение УФЭ как дидактической системы: а) знания об УФЭ как объекте изучения и усвоения; б) методологические знания об использовании УФЭ, в) знания о носителях знаний об УФЭ;
- Дидактические функции УФЭ (роль в организации учебного познания и др.);
- Принципы использования УФЭ: научности; модельности УФЭ; единства чувственной и логической наглядности; перехода от наблюдения физических объектов и явлений к измерениям и исследованиям; распределения и разделения ролей при коллективном экспериментировании; вариативность и «развитие» эксперимента (и другие);
- Закономерности: относительная эффективность видов эксперимента (между собой и другими средствами обучения); зависимость методики использования эксперимента от логики учебного познания; инвариантность этапов постановки опыта при изучении любых физических явлений; «принцип суперпозиции» методического эффекта при использовании УФЭ... (нуждаются в развитии, в теоретическом и экспериментальном обосновании);
- Фундаментальные понятия: предметная деятельность, реальный (натурный) эксперимент, экспериментальные умения, мысленный эксперимент и другие;
- Содержание учебной деятельности при проведении физического опыта, при проведении наблюдения, при проведении физических измерений (логико-методологический уровень рассмотрения);
- Методики экспериментального исследования: моделирование, косвенное измерение, аналогия и др.;
- Связи с другими методическими (дидактическими) системами: относительная самостоятельность системы УФЭ; учебная книга и система УФЭ; физические задачи и физический эксперимент; физический эксперимент и ТСО (и другое).

Следствия. Выводы. Технологии

Техника и технология использования УФЭ. Методики постановки разных опытов. Методики проведения лабораторных работ. Физико-

техническое конструирование. Система школьного физического оборудования. Техника безопасности. Самодельные приборы и установки. УФЭ в системе методов обучения.

Фронтальный эксперимент позволяет решать практически любые дидактические цели. В частности такие: передача знаний, в том числе технического характера; формирование практических и интеллектуальных умений; развитие мышления и мировоззрения, развитие таких качеств личности как творческие способности, настойчивость и др.

Фронтальный эксперимент должен быть тесно увязан с изучаемым материалом, демонстрационными опытами, видами деятельности учащихся и др., т.е. он должен выполняться в системе.

Фронтальные лабораторные работы - это такой вид практических работ, когда все учащиеся класса одновременно выполняют однотипный эксперимент, используя одинаковое оборудование. Их можно классифицировать и выделить работы:

- по наблюдению физических явлений (взаимодействие магнитов, интерференция и др.);

- по ознакомлению с приборами и выполнению с их помощью прямых измерений (измерение силы тока, напряжения, веса тела и др.);

- по выполнению косвенных измерений физических величин (измерение сопротивления проводника с помощью амперметра и вольтметра, измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока и др.);

- по сборке и ознакомлению с принципом действия некоторых технических установок и приборов (сборка электромагнитного реле, детекторного радиоприемника и др.).

Физический практикум проводится с целью повторения, углубления, расширения и обобщения полученных из разных тем курса физики знаний; развития экспериментальных умений при использовании более сложного оборудования, в более сложном эксперименте; формирования у них самостоятельности при проведении эксперимента.

Домашние экспериментальные работы - простейший самостоятельный эксперимент, который выполняется учащимися дома, вне школы, без непосредственного контроля со стороны учителя за ходом работы. Но планировать его лучше с помощью преподавателя. Особому контролю подлежат вопросы техники безопасности.

Последние годы характеризуются массовым переходом вузов и некоторых школ к компьютерным версиям классических лабораторных работ. Компьютер позволяет провести видимость эксперимента из любой области физики. Ему все равно – механика или ядерная физика. В каждом из разделов есть материал для лабораторных работ, которые очень полезны студентам и школьникам, но не могут быть реализованы в натуре либо из-за их высокой стоимости, либо просто из-за опасности или неприемлемых габаритов. Еще одним достоинством компьютера является возможность проведения с его помощью лабораторных практикумов по фронтальному

методу. Обычно последовательность лабораторных работ, выполняемых студентами, не совпадает с последовательностью изложения материала в лекционном курсе. Одновременное выполнение одной и той же работы всеми студентами (фронтальный практикум) в натуре требует большого количества экспериментальных установок, что затруднительно. С помощью компьютера проблема решается очень просто - различные работы могут выполняться на одной "установке" - компьютере. Нужны лишь численные варианты заданий.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ОПЫТОВ

Демонстрационные установки должны содержать минимально необходимое количество элементов.

Если имеется возможность исключить из установки какие-то детали, не нарушая при этом ее работоспособности и идеи опыта, такой возможностью следует воспользоваться.

Используемые приборы, элементы установок должны быть опознаваемы предполагаемыми зрителями, сопроводительный текст к демонстрациям должен соответствовать уровню их подготовки.

В смене и развитии демонстрационных установок должна быть преемственность.

Демонстрационная установка в целом и каждый ее существенный элемент должны быть видимыми с любого места аудитории, на котором может в принципе находиться зритель.

Демонстрационные установки должны быть красивыми.

Демонстрируемые эффекты должны быть выразительными.

Демонстрационные опыты должны быть кратковременными.

Демонстрационные опыты должны отвечать принципу научности.

Каждый демонстрируемый опыт следует соотносить с логикой учебного материала, для которого предназначен этот опыт.

ПАМЯТКА ДЛЯ САМООЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ДЕМОНСТРАЦИОННЫХ ОПЫТОВ

ЭСТЕТИКА

Порядок на демонстрационном столе и вокруг него, отсутствие на нем незадействованных в демонстрации предметов, расположение приборов на демонстрационном столе, подбор экранов и подсветок, цветовая гамма элементов установки, внешний вид демонстратора и манера его поведения при постановке опыта, аккуратность записей при фиксации результатов опыта.

ТЕХНИКА ДЕМОНСТРИРОВАНИЯ

Обоснованность и правильность подбора элементов демонстрационной установки, видимость демонстрационной установки и каждого ее принципиально важного элемента из любой возможной точки

предполагаемого класса, выразительность демонстрируемого эффекта, отсутствие побочных эффектов, быстрота и четкость проведения опыта, положение демонстратора относительно демонстрационного стола, установки и зрителей.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Наличие ожидаемого физического эффекта, соответствие результатов опыта теории, отсутствие подгонки результатов.

СОПРОВОДИТЕЛЬНАЯ РЕЧЬ

Своевременное произнесение текста, сопровождающего демонстрируемое явление, грамотность и эмоциональность речи, логическая завершенность произносимого текста, соответствие текста ходу и результатам опыта.

ОБЪЯСНЕНИЕ

Знание устройства и принципа действия приборов, используемых в демонстрационной установке, понимание физической сущности демонстрируемых эффектов и умение четко и правильно их толковать.

МЕТОДИКА ДЕМОНСТРАЦИИ

Верное определение вида демонстрации, соотнесение вида демонстрации с логической структурой учебного материала, дидактическими целями, организация активной познавательной деятельности аудитории, для которой демонстрируется опыт.

ПОРЯДОК НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

Использование демонстрационного стола только по его прямому назначению, поддержание порядка на демонстрационном столе и в местах хранения оборудования в ходе подготовки, проведения и по завершению демонстрации, умение систематизировать имеющееся оборудование.

ПРАВИЛА РАБОТЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

ПЕРВЫЙ ЭТАП. На занятия необходимо принести тетрадь, предварительно выполнив дома задания:

1. **Заполнить, имеющиеся в тетрадях, пропуски**, обращая особое внимание на следующее:

- исходя из содержания сопроводительного текста к демонстрации и учитывая логику изучения темы, определить "**Тип демонстрации**", подчеркнув необходимое ("Исх.Ф" – исходные факты; "Велич." – величина; "Завис." – зависимость;- "Осн.Т" – основание теории; "Мод." – модель; "Под.Теор." – подтверждение теории; " Приб." – прибор).

- сформулировать "**Цель**" постановки демонстрации (указать для чего демонстрируется предложенный опыт).

- перечислить **"Оборудование и его характеристики"** (назвать необходимое для проведения эксперимента оборудование, указав правильное название и параметры).

2. Выучить "Сопроводительный текст" и уметь произносить его четко, обращаясь к предполагаемой аудитории.

3. Аккуратно врисовать, на специально отведенном пространстве "Рисунок и (или) схему демонстрационной установки", учитывая расположение элементов установки на демонстрационном столе (можно выполнить это задание, и после знакомства с оборудованием в процессе сборки установки во время занятия).

ВТОРОЙ ЭТАП. Получив "допуск" к выполнению работы от преподавателя, произвести сборку установки, предусмотрев основные требования к технике проведения демонстрационного эксперимента:

- эстетике демонстрации;
- расположению приборов на демонстрационном столе;
- наличию фоновых экранов и подсветок;
- видимости из всех точек аудитории;
- выразительности эффекта;
- четкости и скорости исполнения;
- достоверности физического эффекта;
- оптимальности расположения демонстрационной установки, предполагаемых учителя и учащихся;
- технике безопасности.

ТРЕТИЙ ЭТАП. Продемонстрировать преподавателю микрофрагмент урока, основным элементом которого является проведение демонстрационного эксперимента.

«Все фронтальные лабораторные работы **по содержанию учебного материала** также можно разделить на следующие группы:

1. Наблюдение и изучение физических явлений и процессов
2. Наблюдение и изучение свойств тел, веществ, частиц и полей
3. Измерение физических величин, характеризующих свойства явлений, тел, веществ, частиц и полей
4. Измерение физических констант
5. Ознакомление с различными методами измерения физических величин и констант
6. Наблюдение, выяснение или проверка количественных зависимостей между физическими величинами
7. Изучение физических законов и их следствий
8. Изучение основных положений физических теорий и их следствий

9. Изучение устройства, принципа действия измерительных приборов и приемов обращения с ними
10. Градуировка измерительных приборов
11. Знакомство с устройством и действием различных физических приборов и приемами обращения с ними
12. Сборка и испытание простых технических устройств».

«**По виду руководств** лабораторные работы разделяют на работы, выполняемые при устном руководстве учителя и по письменным инструкциям. Оба вида руководств имеют достоинства и недостатки, поэтому его выбор определяется сложностью работы, дидактической целью и подготовленностью учащихся. Устное руководство осуществляют обычно в начальном периоде выполнения фронтальных лабораторных работ, когда у учащихся нет еще необходимых экспериментальных знаний и умений. Устное руководство позволяет оперативно руководить всеми действиями учащихся, при этом степень подробности инструктажа зависит от сложности выполняемых операций, применяемого оборудования и наличия у учащихся экспериментальных умений. По мере развития последних устное руководство заменяется выполнением работ по письменным инструкциям.

Письменные инструкции помогают учащимся работать самостоятельно в индивидуальном темпе, а учителю – полнее осуществлять контроль за ходом выполнения работы, своевременно выявлять трудности и ошибки учащихся и оказывать им необходимую помощь в работе.

Полная письменная инструкция обычно содержит:

номер и название работы

цель работы

перечень оборудования

содержание работы

метод и порядок выполнения работы

рисунки и схемы установок

таблицы для записи результатов измерений и вычислений

способы расчета погрешностей измерений

контрольные вопросы

Контрольные вопросы обращают внимание учащихся на существенные стороны изучаемого явления и заставляют осмысливать свои действия и полученные результаты. В некоторых инструкциях системой вопросов задается программа выполнения работы.

По мере развития у учащихся экспериментальных умений и навыков детализации инструкций уменьшается и им предоставляется большая самостоятельность при выполнении работ.

По времени выполнения лабораторные работы разделяют на:

- кратковременные (от 5 до 15 минут)
- одночасовые (один урок)
- двухчасовые (два урока)

Кратковременные и одночасовые работы тесно связаны друг с другом. Многие кратковременные работы представляют собой элементы одночасовых лабораторных работ. С другой стороны, многие одночасовые работы можно рассматривать как сумму кратковременных работ, следующих друг за другом в определенной последовательности и объединенных общей дидактической задачей.

Кратковременные работы служат, главным образом, для формирования у учащихся начальных представлений о физических явлениях, понятиях и закономерностях, развития у них экспериментальных умений, в том числе умений наблюдать физические явления, выполнять простые измерения и опыты, обращаться с приборами и материалами, анализировать полученные результаты, делать обобщения и выводы. По своему содержанию кратковременные работы, как и одночасовые, представляют собой различные наблюдения, измерения и опыты. Все их по содержанию можно разделить на те же группы, что и одночасовые.

Кратковременные работы в отличие от одночасовых, имеют свои характерные особенности. Они охватывают все темы курса физики каждого класса и более тесно связаны с изучаемым на уроках учебным материалом. Количество таких работ по каждой теме определяется степенью значимости того или иного понятия, закономерности или практического умения.

Благодаря кратковременности выполнения такие работы более оперативны, чем одночасовые; их можно включать в отдельные этапы урока для решения различных учебных задач:

- введение в тему урока
- постановка учебной проблемы
- иллюстрация к объяснению учителя
- повторение и обобщение изученного материала
- отработка экспериментальных умений и др.

и тем самым разнообразить методику ведения урока.

Кратковременные работы соответствуют познавательным возможностям учащихся, усложняются постепенно, что способствует поэтапному формированию системы знаний и умений учащихся. Они способствуют также развитию мышления учащихся, так как побуждают их к выполнению умственных операций (анализу, синтезу, сравнению, обобщению и др.) и создают условия для самоконтроля. Активизация мыслительной деятельности учащихся достигается путем постановки соответствующих вопросов в ходе выполнения работ.

Кратковременные лабораторные работы выполняют фронтально во всех классах при устном или письменном руководстве с использованием небольшого количества учебных приборов, что обеспечивает их быструю выдачу и уборку, а учащиеся при этом делают лишь краткие записи.

Одночасовые лабораторные работы выполняют во всех классах фронтально и в тесной связи с изучаемым материалом. Выполнять их в конце изучения раздела или учебной четверти **запрещается**. Одночасовые и

двухчасовые лабораторные работы выполняют также в физических практикумах 9 -11 классов после изучения крупных разделов курса физики или в конце учебного года.

По месту выполнения лабораторные работы разделяют на:

- классные
- внеклассные

Первые выполняют в классе по расписанию или во внеурочное время – они обязательны для всех учащихся, а вторые – вне школы (дома, на природе) во внеурочное время всеми или отдельными звеньями учащихся без непосредственного контроля учителя.

По дидактическим целям и задачам лабораторные работы можно разделить на следующие группы:

1. Изучение нового учебного материала (приобретение новых знаний)
2. Повторение, обобщение, систематизация ранее изученного учебного материала
3. Формирование экспериментальных знаний и умений учащихся и их применение
4. Проверка экспериментальных знаний и умений учащихся
5. Комбинированные работы, имеющие несколько дидактических целей

Практически все лабораторные работы по этой классификации являются в какой-то степени комбинированными, так как все они тесно взаимосвязаны: при их выполнении наряду с изучением нового материала происходит частичное повторение ранее изученного, формирование экспериментальных знаний и умений учащихся и их контроль учителем.

По характеру познавательной деятельности учащихся и степени их самостоятельности лабораторные работы можно разделить на:

- репродуктивные
- иллюстративные
- частично-поисковые
- исследовательские

Названия этих групп работ даны в соответствии с названиями следующих методических приемов их выполнения:

- репродуктивный прием
- иллюстративный прием
- частично поисковый (эвристический) прием
- исследовательский прием»

«Классификация Усовой А. В.

Классификация лабораторных работ по следующим признакам:

1. по содержанию

2. по методам выполнения и обработки результатов (наблюдение, качественные опыты, измерительные работы, количественные исследования функциональной зависимости величин)
3. по степени самостоятельности учащихся (проверочные, эвристические, творческие)
4. по дидактической цели (изучение нового, повторение, закрепление, формирование практических умений и навыков исследовательского характера)
5. по месту в учебном процессе (предваряющие, иллюстративные, итоговые и т. д.)
6. по месту проведения (классные, домашние, в физических лабораториях)
7. по способу организации (фронтальные, физический практикум)
8. по времени выполнения (кратковременные фронтальные опыты, часовые фронтальные лабораторные работы, физический практикум с двухчасовыми работами)

Основными видами лабораторных занятий считают фронтальные лабораторные работы и физические практикумы. Отнесение многих работ по их тематике к фронтальным или работам практикума весьма условно. Это зависит от оборудования кабинета, конкретных задач, поставленных учителем для каждой работы, и т. д.».

Формирование экспериментальных знаний и умений учащихся при выполнении фронтальных лабораторных работ.

Действующая программа по физике для общеобразовательных учреждений предусматривают формирование целой системы экспериментальных знаний и умений учащихся. В процессе изучения физики и выполнения различных видов физического эксперимента учащиеся должны овладеть следующими экспериментальными знаниями и умениями:

1. планировать проведение наблюдения, измерения или опыта (в старших классах)
2. собирать и настраивать установки для выполнения наблюдения, измерения или опыта
3. проводить наблюдение, измерение или опыт, соблюдая правила безопасности
4. устранять действия побочных факторов в процессе выполнения работы (в старших классах)
5. вычислять абсолютную и относительную погрешности прямых и косвенных измерений (в старших классах)
6. обрабатывать и анализировать полученные результаты, делать выводы
7. оформлять результаты в виде таблиц, графиков (в старших классах)
8. составлять краткий отчет о проделанной работе

9. владеть культурой учебного труда (правильно организовать рабочее место, осуществлять самоконтроль за качеством выполнения работы, вносить в нее необходимые коррективы)

Кроме того, учащиеся должны овладеть знаниями и умениями обращаться с измерительными приборами. Они должны знать: название, назначение и условное назначение приборов, их устройство и принцип действия, правила обращения и способы повышения точности измерения; уметь читать шкалу приборов; определять цену деления шкалы, предел измерения и класс точности (в старших классах).

Одним из основных методов формирования экспериментальных знаний и умений учащихся является выполнение фронтальных лабораторных работ.

В зависимости от возрастных особенностей учащихся, количество и содержание лабораторных работ, а также приемов их выполнения уровень сформированность экспериментальных знаний и умений будет различный. Этот уровень в программе не указывается.

Можно предложить три таких уровня, различающихся в сложности действий и степени самостоятельности учащихся.

Примеры образовательных целей

В качестве примера приведем возможный перечень формулировок педагогических целей, которые можно было поставить при проектировании изучения темы курса физики 11 класса «Электромагнитная индукция»

Образовательные цели, связанные с формированием предметных знаний

Сформировать у учащихся понятие электромагнитной индукции

Методом от противного подвести учащихся к правилу определения направления индукционного тока в замкнутом проводнике

Организовать деятельность учащихся по применению метода аналогий к получению полного стандартного знания об индукции

Организовать самостоятельную работу с учебником физики по поиску информации об индукционных приборах

Организовать деятельность учащихся по нахождению значения физической величины (ускорения свободного падения, коэффициента трения скольжения дерева по дереву, скорости снаряда, выпущенного из баллистического пистолета и т. д.).

Организовать деятельность учащихся по исследованию зависимости между физическими величинами (силой, приложенной к телу и величиной его деформации; углом выстрела из баллистического пистолета и дальностью полета снаряда; периодом колебаний математического маятника и его длиной).

В ходе выполнения лабораторного эксперимента сформировать у учащихся знание об условиях равновесия тела, имеющего ось вращения.

Образовательные цели, связанные с формированием общенаучных знаний

Актуализировать знания учащихся о методе аналогий и дать им возможность в основных чертах повторить применение этого метода в ранее изученных разделах курса физики

Сформировать у учащихся представление о сущности метода доказательства от противного

Восстановить в памяти учащихся логические связи между отдельными элементами знания о научной теории

Актуализировать в памяти учащихся правила формирования понятий о производных физических величинах через ближайший род и видовое отличие

Путем предъявления учащимся инструкций по выполнению лабораторных работ, в основе которых лежит ООД (ориентировочная основа действия) третьего типа, формировать у них знание о правилах проведения эксперимента по исследованию зависимости между физическими величинами (введению производной физической величины, изучение прибора).

Организовать проведение лабораторного эксперимента по изучению явления (скатывания шарика по наклонному желобу; движения неуравновешивающих друг друга грузов, связанных нитью, перекинутой через неподвижный блок; упругого удара шаров, подвешенных на нитях) таким образом, чтобы учащиеся смогли его описать в соответствии с обобщенным планом изучения любого физического явления.

Цели, связанные с формированием опыта деятельности в стандартных ситуациях

Предложить учащимся применить метод доказательства от противного к объяснению опыта по взаимодействию движущегося магнита с замкнутым алюминиевым кольцом

Предложить учащимся на основе наблюдения соответствующих демонстраций и согласно правилу формирования понятий через ближайший род и видовое отличие дать определение приборам, работающим на основе явления электромагнитной индукции

Предложить учащимся, применив аналитический подход к решению задач, самостоятельно сделать вывод уравнения для расчета электродвижущей силы индукции, возникающей в движущемся проводнике

Организовать репродуктивную, нормированную по времени деятельность учащихся по воспроизведению логического конспекта «Явление электромагнитной индукции» и построению по нему устного рассказа

Путем предъявления учащимся инструкций по выполнению лабораторных работ, в основе которых лежит ООД второго типа, формировать и отрабатывать умения (проводить измерения физических величин, определять цену деления и предел измерения приборов,

рассчитывать погрешности измерений, собирать экспериментальные установки по предложенному рисунку).

Организовать самостоятельную работу учащихся по проверке ранее установленной в демонстрационном эксперименте зависимости между физическими величинами (силой, приложенной к телу, его массой и ускорением; массами тел и ускорениями, получаемыми при их взаимодействии).

Цели, связанные с формированием творческих способностей

На основе наблюдения серии физических эффектов организовать самостоятельную деятельность учащихся по формированию в структурных отношениях логических схем и логических конспектов по темам "Самоиндукция", "Электродвижущая сила индукции в движущихся проводниках"

Подвести учащихся к уровню, когда бы они на основе наблюдения за процессом работы лампы дневного света (ЛДС) и ориентируясь на сформулированные требования к её устройству, смогли бы самостоятельно разработать конструкцию системы зажигания ЛДС от осветительной сети, в основе которой использовались бы знания, полученные при изучении темы.

Построить ход рассуждений по объяснению сущности явления электромагнитной индукции таким образом, чтобы учащиеся на основе наблюдения за процессом торможения сплошных проводников в магнитном поле смогли самостоятельно поставить конструкторские задачи и предложить варианты решения этих задач (возможные варианты: задачи, связанные с конструированием индукционной печи, индукционного тахометра, наборных пластин трансформаторов)

Подвести учащихся к основному противоречию и идее разрешения этого противоречия при постановке демонстрационного эксперимента по наблюдению фазовых соотношений в цепях переменного тока с использованием стрелочных электроизмерительных приборов. Дать возможность учащимся самостоятельно сформулировать это противоречие, поставить задачу и высказать идею ее разрешения.

Скомплектовав лабораторное оборудование по типу технического конструктора, предъявить учащимся систему индивидуальных, неповторяющихся проблемно – программированных заданий, выполняя которые они самостоятельно собирали бы лабораторные установки, планировали, выполняли эксперимент и обрабатывали его результаты.

Поставить физический практикум таким образом, чтобы учащимся вместо подробных инструкций по выполнению лабораторных работ предъявлялись лишь задания без указания способов их выполнения.

Инструкции к выполнению лабораторных работ

«Решающую роль в формировании действия играет его ориентировочная основа, полнота и правильность овладения которой

определяет быстроту и качество формируемого действия и характер его исполнительной части.

Первый тип ориентировки характеризуется своей неполнотой, ориентиры представлены в конкретном виде и выделяются самим учеником путем многих проб. Само действие формируется медленно, с большим количеством ошибок.

Второй тип ориентировочной основы включает все условия необходимые ученику в готовом виде, в конкретной форме, и формирование действия идет быстро и безошибочно.

Ориентировочная основа третьего типа характеризуется тем, что имеет полный состав, ориентиры даны в обобщенном виде, характерном для целого класса явлений. Но при этом ориентировочная основа действия составляется самим учащимся с помощью общего метода, который ему дает учитель. Действию, сформированному на основе этого типа ориентировки, присущи быстрота и безошибочность формирования, большая устойчивость и широта переноса.

Ориентировочная основа первого типа заключается в том, что учащимся предъявляется одно из заданий без указания способов и последовательности его выполнения. Предварительно аналогичных заданий ученики не выполняли.

Ориентировочная основа второго типа заключается в том, что кроме задания ученику дается подробная инструкция его выполнения.

Инструкция носит конкретный характер и представляет детальный план осуществления отдельных операций, на которые разбивается задание.

Ориентировочная основа третьего типа подразумевает предварительное обучение учащихся экспериментальным методам исследования, выделения в совместной с ними работе, обобщенных планов выполнения экспериментальных заданий различных типов, умения пользоваться этими планами, конкретизировать их согласно условиям полученного задания».

ООД первого типа

Неполнота. Ориентиры представлены в конкретном виде и выделяются самим учеником путем многих проб. Само действие формируется медленно, с большим количеством ошибок.

Учащимся предъявляется одно из заданий без указания способов и последовательности его выполнения. Предварительно аналогичных заданий ученики не выполняли.

ООД второго типа

Включает все условия, необходимые ученику для выполнения действия. Условие задается ученику в готовом виде в конкретной форме, и формирование действия идет быстро и безошибочно.

Кроме задания ученику дается подробная инструкция его выполнения. Инструкция носит конкретный характер и представляет детальный план осуществления отдельных операций, на которые разбивается задание.

ООД третьего типа

Полный состав, ориентиры даны в обобщенном виде, характерном для целого класса явлений. Но при этом ООД составляется самим учащимся с помощью общего метода, который ему дает учитель. Действие выполняется быстро и безошибочно, большая устойчивость и широта переноса.

Предварительное обучение учащихся экспериментальным методам исследования, выделение в совместной с ними работе обобщенных планов выполнения экспериментальных заданий различных типов, умению пользоваться этими планами, конкретизировать их согласно условиям полученного задания.

Примерные варианты инструкций обобщенного характера при использовании ориентировочной основы третьего типа

План проведения эксперимента по определению значения физической величины

1. Математически опишите физическое явление, соответствующее условиям эксперимента и лабораторной установке
2. Решите полученное уравнение относительно искомой величины
3. Определите в полученной формуле известные и неизвестные величины
4. Определите способы нахождения неизвестных величин. Найдите эти величины
5. Определите численное значение искомой величины
6. Рассчитайте абсолютную и относительную погрешности
7. Проведите экспериментальную проверку полученного результата

План проведения эксперимента по исследованию зависимости между физическими величинами

1. Определите, зависимость между какими величинами будет исследоваться в ходе эксперимента?
2. Соберите экспериментальную установку
3. Если будет исследоваться зависимость между тремя и более величинами a, b, c, \dots , то оставляя постоянными величины b, c, \dots определите зависимость $x = f(a)$
Затем, оставляя постоянными величины a, c, \dots , определите зависимость $x = f(b)$
4. Определите погрешности измерений и постройте с их учетом графики зависимостей, установленные в эксперименте
5. Учитывая точность измерений, сформулируйте выводы, отражающие установленные в эксперименте зависимости.

Вычисление погрешностей измерений в лабораторных работах

«Процесс любого измерения только тогда считается полностью завершённым, когда указаны абсолютные и относительные погрешности измерений. Модуль абсолютной погрешности измерения $|\Delta|$ позволяет указать интервал, внутри которого находится истинное значение измеряемой величины. Длина этого интервала равна $2*|\Delta|$ (Рис. 1). Другими словами, абсолютная погрешность показывает, на сколько истинное значение измеряемой величины может отличаться от результатов измерения. Качество измерений характеризует относительная погрешность, которая показывает, во сколько раз модуль абсолютной погрешности $|\Delta|$ меньше измеряемой величины $X_{изм}$. Т. е. при измерении неизвестной величины измеряемая величина должна находиться в интервале $[X_{изм} \pm |\Delta|]$, а результат измерения можно принять за истинное с значение с относительной погрешностью $\epsilon = \Delta x / X_{изм}$.

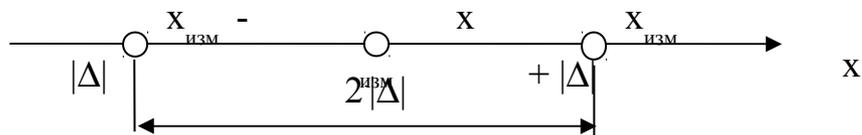


Рис. 1

При измерении известных величин (постоянных или табличных) признаком доверенности полученного результата является принадлежность известного значения интервалу (рис 2.). Если при измерениях известных величин оценка погрешностей не производилась, то в выводе следует сравнить полученное значение с табличным. С этой целью удобно рассчитать величину $(X_{изм} - X_{табл})/X_{табл}$, которая может служить простой оценкой качества измерений.

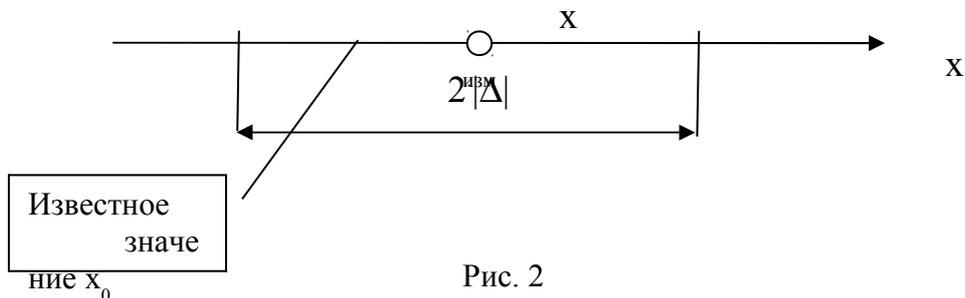


Рис. 2

При проверке законов, имеющих вид равенства $A=B$, признаком достоверности является пересечение интервалов $[A \pm \Delta A]$ и $[B \pm \Delta B]$ (рис. 3). Если, при проверке законов, оценку погрешности произвести трудно, то можно рассчитать отношение A/B от 1. Тогда разность $|A/B - 1|$ позволяет сделать заключение о качестве экспериментальной проверки равенства $A=B$, т. е. принять за ϵ . [1 стр. 7]

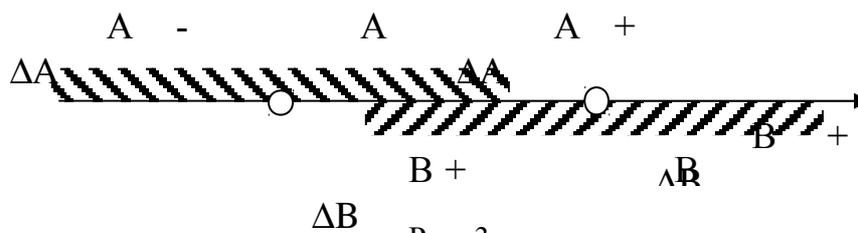


Рис. 3

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

«На точность измерений физических величин оказывает влияние ряд причин, вызывающих появление погрешностей.

Погрешности измерений в зависимости от причин их возникновения классифицируются так:

Погрешности метода измерения - это погрешности, возникающие вследствие несовершенства применяемого метода измерения или из-за влияния допущений и упрощений в применении эмпирических формул.

Погрешности, возникающие в результате неправильной установки прибора. Измерительные приборы требуют предварительной проверки и определенной установки. Например, ненагруженные весы должны быть уравновешены, проверено качание чашечек, чувствительные весы должны быть установлены по уровню или отвесу и т. д. Необходимо строгое соблюдение правил пользования измерительным прибором.

Погрешности, возникающие вследствие внешних влияний на средства измерения.

Влияния температуры. Большинство измерительных приборов, применяемых в школе, дают верные показания при температуре +20С. При отклонении от этой температуры результаты измерений искажаются.

На температуру воздуха оказывают потоки теплого и холодного воздуха, источниками которых являются печи, радиаторы центрального отопления и т. п.

Для устранения влияния этих причин при калометрических измерениях необходимо экранировать пламя горелки или плитки, а опыты проводить дальше от окон или радиаторов.

Влияния магнитных полей (магнитного поля Земли и магнитных полей токов) устраняют экранированием. В измерительных приборах экранирование предусмотрено их конструкцией, но оно не является полным.

Влияние вредных вибраций и сотрясений устраняют путем применения различных пружин, резиновых прокладок.

Субъективные погрешности - это погрешности, обусловленные индивидуальными свойствами наблюдателя.

Например, запаздывание реакции человека на световой сигнал колеблется от 0,15 до 0,225 с, на звуковой - 0,82-0,195 с. Субъективная погрешность может быть обнаружена при проведении одинаковых измерений несколькими экспериментаторами.

Инструментальные погрешности (основные) - это погрешности, возникающие при изготовлении меры или измерительного прибора.

Инструментальную погрешность, взятую с обратным знаком, называют поправкой. Поправки обычно указываются в техническом паспорте прибора или при помощи сравнения с приборами более высшего класса. Если средства измерения дают заниженные показания, то поправка, указанная в паспорте имеет знак «+», при завышенных показаниях – «-».

При обнаружении погрешности от неисправности измерительного прибора следует внести поправку в его показания, если не представляется возможности его исправить.

Например термометр, опущенный в лед, не устанавливается на 0°C, а показывает +1°C, т. е. нулевая точка термометра смещена вверх по шкале. Показание такого термометра при измерении температур необходимо уменьшить на 1°C.

В аттестатах, каталогах и описаниях средств измерений указаны допускаемые погрешности, т. е. наибольшие погрешности мер и измерительных приборов, которые разрешается допускать при их изготовлении при нормальных условиях (температура окружающей среды 20°C, атмосферное давление 760 мм. рт. ст., влажность 80%). Допускаемые погрешности нормируются государственными стандартами. Они, как правило, имеют двойной знак (\pm).

Погрешности отсчета – это погрешности, которые в основном появляются вследствие округления показания измерительных приборов до заданной степени точности.

В школьной практике для более рационального проведения экспериментальной работы желательно до начала измерений полностью или частично исключить источники погрешностей, вызываемые внешними влияниями на объекты и средства измерений, неправильной установкой прибора, и устранить основную инструментальную погрешность внесением соответствующих поправок.

Если допускаемая погрешность близка или больше погрешности отсчета данной меры (измерительного прибора), то ее следует прибавлять к погрешности отсчета.

Инструментальную погрешность мер (измерительных приборов) для сравнительно небольших диапазонов измерений можно считать постоянной.

Приближенное значение измеряемой величины, абсолютная и относительная погрешности измерения.

Значения, получаемые при измерении физических величин, являются не истинными значениями, а приближенными, с неточностями, определяемыми абсолютной погрешностью.

Абсолютная погрешность измерения выражается в единицах измеряемой величины. Абсолютная погрешность измерения Δx определяется формулой

$$\Delta x = X_{\text{ном}} - X$$

где $X_{\text{ном}}$ - значение, полученное при измерении, X - истинное значение измеряемой величины.

Однако, поскольку истинное значение измеряемой величины остается неизвестно, на практике можно найти лишь приближенную оценку погрешности измерения.

Отношение абсолютной погрешности измерения истинному значению измеряемой величины есть относительная погрешность измерения. Относительная погрешность измерения может быть выражена в процентах.

Согласно определению истинной абсолютной погрешности ее знак и величина известны, поэтому на практике применяют максимальную абсолютную погрешность.

Максимальная абсолютная погрешность является границей погрешности, и она определяется формулой $\Delta a \geq [a-x]$ где Δa - максимальная абсолютная погрешность (граница погрешности), a - приближенное значение измеряемой величины, x - истинное значение измеряемой величины. Вследствие этого определяется диапазон границ значений измеряемой величины:

$$a \pm \Delta a = x; \quad a + \Delta a > x > a - \Delta a;$$

В зависимости от практической необходимости, точности применяемых измерительных приборов и методов измерений можно уменьшать или увеличивать границы абсолютной погрешности.

Максимальной относительной погрешностью (границей относительной погрешности) называют отношение максимальной абсолютной погрешности к модулю приближенного значения измеряемой величины:

Приближенное значение измеряемой величины, абсолютная и относительная погрешности измерения.

Значения, получаемые при измерении физических величин, являются не истинными значениями, а приближенными, с неточностями, определяемыми абсолютной погрешностью.

Абсолютная погрешность измерения выражается в единицах измеряемой величины. Абсолютная погрешность измерения Δx определяется формулой

$$\Delta x = X_{\text{ном}} - X, \text{ где}$$

$X_{\text{ном}}$ - значение, полученное при измерении, X - истинное значение измеряемой величины.

Однако, поскольку истинное значение измеряемой величины остается неизвестно, на практике можно найти лишь приближенную оценку погрешности измерения.

Отношение абсолютной погрешности измерения истинному значению измеряемой величины есть относительная погрешность измерения. Относительная погрешность измерения может быть выражена в процентах.

Согласно определению истинной абсолютной погрешности ее знак и величина известны, поэтому на практике применяют максимальную абсолютную погрешность.

Максимальная абсолютная погрешность является границей погрешности, и она определяется формулой $\Delta a \geq [a - x]$ где Δa -максимальная абсолютная погрешность (граница погрешности), a - приближенное значение измеряемой величины, x -истинное значение измеряемой величин. Вследствие этого определяется диапазон границ значений измеряемой величины:

$$a \pm \Delta a = x; \quad a + \Delta a > x > a - \Delta a;$$

В зависимости от практической необходимости, точности применяемых измерительных приборов и методов измерений можно уменьшать или увеличивать границы абсолютной погрешности.

Максимальной относительной погрешностью (границей относительной погрешности) называют отношение максимальной абсолютной погрешности к модулю приближенного значения измеряемой величины:

$$\Delta a_{\text{отн}} = \Delta a / |a|$$

МЕТОД СРЕДНЕГО АРИФМЕТИЧЕСКОГО

На точность результатов измерений могут сказаться не только свойства средств измерения (инструментальная погрешность и т. д.), но и особенности измеряемого физического тела.

Например, толщина проволоки может быть различной на протяжении её длины, вследствие чего нельзя ограничиваться одним измерением, а проделать их несколько в различных местах проволоки.

Все причины, влияющие на результаты измерений, учесть и выявить невозможно, вследствие этого неизбежные случайные погрешности дают отличные друг от друга результаты. Одни из них больше истинного значения измеряемой величины, другие меньше, причем вероятность сделать меньшую погрешность больше, чем большую (закон нормального распределения случайных погрешностей). Беря среднее арифметическое из полученных результатов, мы ослабляем влияние случайных погрешностей, и находим результат, более близкой к истинному значению измеряемой величины.

Пусть при многократных измерениях толщины проволоки микрометром были получены следующие результаты: a_1, a_2, \dots, a_n . Среднее арифметическое результатов всех измерений (среднее значение величины) равно:

$$a_{\text{cp}} = (a_1 + a_2 + \dots + a_n) / n$$

Отклонение от среднего значения в i -ом измерении будет равно: $\Delta a_i = |a_i - a_{cp}|$

Находим среднее отклонение, как $\Delta a_{cp} = (\Delta a_1 + \Delta a_2 + \dots + \Delta a_n) / n$

Результат записывается в виде: $a = a_{cp} \pm \Delta a_{cp}$

Среднее относительная погрешность результата определяется отношением средней абсолютной погрешности к среднему значению величины.

$$\Delta a_{cp} / a_{cp} = \varepsilon$$

Если в процессе многократных измерений измерительный прибор дает одни и те же показания, то многократность измерений теряет смысл; достаточно провести измерение один раз.

Это происходит в том случае, когда инструментальная погрешность средств измерения больше случайных погрешностей отдельных измерений. За максимальную абсолютную погрешность измерения в этом случае принимают инструментальную погрешность меры (измерительного прибора) или цену деления шкалы.

Правила вычисления погрешностей методом среднего арифметического:

измерение одной и той же неизменной величины производят многократно при одних и тех же условиях.

все измерения производят с одной и той же погрешностью отсчета.

Этот метод применяют при прямых измерениях и только тогда, когда расхождение результатов отдельных измерений повышает погрешность отсчета каждого из измерений и допускаемую инструментальную погрешность.

Примечание. Прямыми измерениями называют такие, результат которых получают непосредственно с помощью меры (измерительного прибора), например измерение длины тела измерительной линейкой, массы тела - на весах и т. д.

Точность приближенного значения искомой величины может быть значительной, зависящей от многократности измерений, чтобы погрешность среднего арифметического приближалась к инструментальной допускаемой погрешности или была доведена до погрешности отсчета отдельного измерения.

если при повторных измерениях получается один и тот же результат, то за погрешность измерения принимают инструментальную допускаемую погрешность меры (или измеренного прибора).

МЕТОД ГРАНИЦ

Метод границ – это один из основных методов приближенных вычислений при косвенных измерениях и при прямых однократных измерениях.

Примечание: Косвенными измерениями называют такие измерения, которые дают результат измеряемой величины с помощью вычислений по формулам, связывающим функциональной зависимостью искомую величину с величинами, полученными при прямых измерениях. Например, определение скорости равномерно движущегося тела по совершенному им перемещению, измеренного линейкой, и времени, затраченного на него, определенного с помощью часов, по формуле $U=S/t$.

При методе границ определяют два значения физической величины: одно заведомо меньше истинного значения, называемое нижней границей величины (НГ), другое большее, называемое верхней границей (ВГ). Между верхней и нижней границами находится истинное значение искомой величины.

В этом случае за абсолютную погрешность значения величины, полученной прямым измерением, берут не среднюю арифметическую погрешность от многократных измерений, а максимальную абсолютную погрешность однократного измерения. Например, длина доски, измеренная сантиметровой лентой: $L=95\pm 1$ см. Можно написать следующее неравенство:

$$95-1 < L < 95+1$$

где 94 – нижняя граница (НГ), а 96 – верхняя граница (ВГ)

Правила нахождения границ.

Границы значений физической величины вычисляют как промежуточные результаты, т. е. с одной запасной цифрой. Нижнюю границу округляют с недостатком, а верхнюю - с избытком».

На практике, при выполнении операций с приближенными числами, поступают следующим образом: по среднему значению приближенного числа производят операции (сложение, вычитание, умножение, деление); те же операции производят со средним значением, прибавив и отняв абсолютную погрешность; из последних результатов находят абсолютную погрешность, найдя их разность.

$$a = a_{cp} \pm \Delta a;$$

$$b = b_{cp} \pm \Delta b;$$

$$a_B = a_{cp} + \Delta a;$$

$$a_H = a_{cp} - \Delta a;$$

$$b_B = b_{cp} + \Delta b;$$

$$b_H = b_{cp} - \Delta b;$$

$$\langle\langle + \rangle\rangle: s_{cp} = a_{cp} + b_{cp}; \quad \Delta s = (a_B + b_B) - (a_H + b_H); \quad s = s_{cp} + \Delta s$$

$$\langle\langle * \rangle\rangle: s_{cp} = a_{cp} * b_{cp}; \quad \Delta s = (a_B + b_B) * (a_H + b_H); \quad s = s_{cp} + \Delta s, \text{ и т. д.}$$

Методы оценки результатов измерений

«Метод оценки результатов дает возможность быстро определить абсолютные и относительные погрешности, получаемые при измерении физических величин. Он основан на применении формул теории приближенных вычислений.

Примечание. Учитываются погрешности отсчета, погрешности инструментальные принимаются во внимание по указанию преподавателя.

Зная абсолютную и относительную погрешности приближенного значения физической величины, можно определить верхнюю и нижнюю границы диапазона значений, между которой находится истинное значений, между которыми находится истинное значение искомой величины (ВГ и НГ)».

«Примеры оценок границ погрешностей косвенных измерений приведены в таблице»:

Формулы погрешностей

Вид функции	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
$z=x+y$	$\Delta(x+y)=\Delta x+\Delta y$	$\varepsilon_z = \frac{\Delta x + \Delta y}{x + y}$
$z=xy$ $z = \frac{x}{y}$	$\Delta(xy)=x\Delta y + y\Delta x$ $\Delta\left(\frac{x}{y}\right) = \frac{x\Delta y + y\Delta x}{y^2}$	$\varepsilon_z = \varepsilon_x + \varepsilon_y$
$z=x^n$ $z = \sqrt[n]{x}$	$\Delta z = nx^{n-1} \Delta x$ $\Delta z = \frac{\Delta x}{n\sqrt[n]{x^{n-1}}}$	$\varepsilon_z = n\varepsilon_x$ $\varepsilon_z = \frac{1}{n} \varepsilon_x$
$z = \frac{x^n y^m}{z^k}$	$\Delta z = z \varepsilon_z$	$\varepsilon_z = n\varepsilon_x + m\varepsilon_y + k\varepsilon_z$
$z = \frac{1}{A} + \frac{1}{B}$	$\Delta z = \frac{\Delta A}{A^2} + \frac{\Delta B}{B^2}$	$\varepsilon_z = \frac{\Delta z}{z}$
$z = \frac{A \pm B}{A}$	$\Delta z = z \varepsilon_z$	$\varepsilon_z = \varepsilon_A + \varepsilon_B$
$F = \sin(x)$	$\Delta F = \cos(x)\Delta x$	$\varepsilon = \operatorname{ctg}(x)\Delta x$
$F = \cos(x)$	$\Delta F = \sin(x)\Delta x$	$\varepsilon = \operatorname{tg}(x)\Delta x$
$F = \tan(x)$	$\Delta F = \frac{\Delta x}{\cos^2(x)}$	$\varepsilon = \frac{2\Delta x}{\sin 2x}$
$F = \lg(x)$	$\Delta F = \frac{\ln 10 \Delta x}{x}$	$\varepsilon = \frac{\ln 10}{\lg x} \frac{\Delta x}{x}$

Нетрудно заметить, что для получения абсолютной погрешности для произвольной функции F, необходимо найти полный дифференциал этой функции, заменить в нем бесконечно малые величинами значениями Δ для каждой переменной, и поменять знаки «-» на «+». Относительная

погрешность тогда будет равна $\varepsilon_F = \frac{\Delta F}{F}$.

На практике, перед дифференцированием, часто берут логарифм от функции, чтобы упростить расчеты. Тогда произведение величин преобразуются в соответствующие суммы, а степенные и показательные функции - в произведения. Тогда для нахождения погрешностей используют следующие правила:

1. Определить абсолютные ошибки (приборные или средние) прямых измерений.
2. Прологарифмировать расчетную рабочую формулу.
3. Принимая величины прямых измерений за независимые переменные, найти полный дифференциал от полученного выражения.
4. Сложить все частные дифференциалы по абсолютной величине, заменив в них дифференциалы переменных соответствующими ошибками прямых измерений.
5. Используя полученное выражение, рассчитать относительную погрешность (E).
6. По формуле $\Delta F = F \cdot E$ рассчитать абсолютную ошибку.

Графическое представление результатов

«Часто итоги эксперимента представляют графически. В результате измерений величин x и y мы получаем не точку, а область со сторонами $2\Delta x$ и $2\Delta y$. Поэтому проводить линию надо через эти области. Например, если известно, что закон распределения измеряемой величины имеет линейный характер (см. рис. 4), то штриховая линия на рисунке будет являться неправильной.

Графическое представление результатов эксперимента полезно, когда устанавливают вид функциональной связи; изучают связь, между величинами для которых трудно представить функцию в виде формулы (аналитически)»



Отчет о выполнении лабораторной работы

«Фронтальное выполнение лабораторных работ дает полную возможность проводить в конце занятия коллективное обсуждение полученных результатов проведенных наблюдений и измерений. Это служит

быстрым контролем правильности выполнения работ каждым звеном учащимися и постепенно приучать их к необходимости обработки и правильной оценки таких результатов. Причем в 7 и 8 классе при обработке числовых результатов можно ограничиться правилами действий над приближенными числами, а в 9 классе познакомить учащихся с вычислением максимальной (абсолютной и относительной) погрешностей измерений методом оценки результата.

Разбирать здесь объем и характер таких вычислений нет необходимости, т. к. все это с достаточными подробностями приводится в многочисленных примерах в конце описаний большинства работ измерительного характера.

Надо всегда помнить, что приемы вычисления погрешности измерений учащиеся усваивают с трудом, поэтому здесь никак нельзя ограничиваться некоторыми общими предварительными указаниями и разъяснениями. На коллективных обсуждениях результатов эксперимента следует постепенно и настойчиво формировать эти умения, пользуясь конкретными примерами после каждой лабораторной работы измерительного характера.

Для некоторых лабораторных работ обработка полученных результатов должна ярко показать ту или иную особенность изучаемого процесса, ту или иную зависимость между физическими величинами. В таком случае наилучшей формой обобщения результатов является графики, которые также надо обсудить с учащимися.

При обсуждении результатов фронтальных работ качественного характера следует на конкретных примерах показать учащимся простой способ схематического изображения установок, с которыми проводились опыты.

Составление отчетов имеет важное значение для формирования у учащихся обобщенных умений по описанию физического эксперимента, проверки выполнения лабораторных работ и оценки знаний и умений учащихся.

Составление краткого письменного отчета в процессе выполнения лабораторной работы часто затрудняет учащихся, и на записи, как правило, затрачивается непроизводительное много времени в ущерб экспериментальной работе. В ряде случаев учащиеся включают содержание отчета такие мало нужные материалы, как перечень всего оборудования или подробное описание процесса составления установок: "... взяли штатив, закрепили на нем лапку, а в лапку зажали колбу, в которую залили немного воды" и т. д. Это объясняется тем, что некоторые учителя предъявляют завышенные требования к отчету, а его внешнее, формальные качества часто определяют отметку за выполнение лабораторной работы.

Форма и содержание отчета зависит от вида лабораторной работы. Поэтому учителю необходимо показать на примерах, как надо составлять отчеты о различных видах лабораторных работ, чтобы рационализировать записи и оставить больше времени на выполнение эксперимента.

При измерении физических величин, выяснении функциональных зависимостей между величинами, изучении законов в отчете в большинстве случаев достаточно иметь:

- название лабораторной работы;
- перечень основного оборудования (измерительных и других приборов);
- краткое описание способа измерения и измерительной установки, сопровождаемое схематическим чертежом, рисунком, электрической или оптической схемой и расчетными формулами;
- запись результатов измерений, вычислений и вывод.

При описании способа измерения целесообразно выделять вид измерения, средства измерения, явления и процесса, происходящие в измерительной установке, исходные закономерности, на основе которых выводится расчетная формула.

Результаты измерений и вычислений целесообразно записывать в виде таблиц, форму которых полезно предварительно обсудить с учащимися. Это особенно полезно делать на начальном этапе обучения учащихся составлению отчета.

Кроме табличной, часто бывает полезна свободная форма записи результатов измерений.

В некоторых работах результаты измерений представляют в виде графика.

Графики вычерчивают в прямоугольной системе координат на клетчатой бумаге с помощью чертежных инструментов.

При этом знания аргумента (независимой переменной), т. е. величины, которую измеряют при выполнении работы, откладывают по горизонтальной оси, а полученные числовые значения функции - по вертикальной.

На осях координат указывают условные обозначения отложенных величин и их размерности.

Нанесенные координатные точки соединяют между собой не ломанной линией, а плавной кривой, которая должна проходить в границах погрешностей отдельных измерений.

Для работ качественного характера (наблюдение и изучение физических явлений) отчет упрощается. В нем остается:

- ✓ название работы;
- ✓ перечень основного оборудования;
- ✓ краткое описание установки и хода наблюдения изучаемого явления, сопровождаемое рисунком или схемой;
- ✓ запись результата наблюдения и вывод.

В последнем пункте отчета должны быть отражены условия протекания явления и его характерные признаки».

Проверка и оценка экспериментальных знаний и умений учащихся.

«Проверка и оценка экспериментальных знаний и умений учащихся проводится на разных этапах учебного процесса и носит предварительный, текущий, периодический и итоговый характер.

Предварительная проверка имеет целью выяснить начальный уровень знаний и умений учащихся; текущая - наблюдать за их формированием в процессе изучения учебного материала; периодическая - выяснить уровень знаний и умений учащихся по всему курсу физики данного класса.

Рассмотрим подробнее способы каждого вида проверки при выполнении лабораторных работ.

Предварительная проверка осуществляется обычно в форме беседы с классом и устного опроса отдельных учащихся.

Текущая проверка проводится при выполнении фронтальных лабораторных работ.

Тщательные наблюдения, которые должен вести учитель за учащимися во время проведения фронтальных лабораторных занятий, преследует две цели - обучение и контроль. С одной стороны, наблюдения необходимы для того, чтобы своевременно, как было указано выше, оказывать помощь отстающим учащимся, а с другой - проверить, как справляется с работой весь класс в целом и каждый учащийся в отдельности. Такие наблюдения служат основным критерием для оценки знаний и умений учащихся, приобретенных при выполнении лабораторных работ.

Проверка, оценка и выставление отметки за выполнение лабораторных работ обычно вызывают у учителей некоторые трудности, они связаны с двумя причинами: необходимостью проверять и оценивать значительный объем разнообразных знаний и умений учащихся, изменяющихся в зависимости от вида работ и приемов их выполнения, и коллективным характером деятельности двух учащихся на одном комплекте оборудования.

Для реализации принципа индивидуализации проверки рекомендуется к наблюдению за работой учащихся привлекать лаборанта или заранее подготовленных учеников-ассистентов.

Результат деятельности учащихся при выполнении лабораторных работ оценивают на основе трех основных критериев:

- степень подготовленности и самостоятельности при выполнении работ;
- знание учебного материала, уровень экспериментальных знаний и умений, правильность полученных результатов наблюдений, измерений и выводов;

- содержание и качество отчета.

Подробное содержание каждого критерия учитель должен предварительно объяснить учащимся. При этом особое внимание следует уделить раскрытию содержания уровня экспериментальных знаний и умений учащихся первой и второй ступеней, которыми они должны овладеть в процессе выполнения различных лабораторных работ и каждой из них в отдельности. Полезно содержание этих уровней вывесить в физическом кабинете на специальном стенде.

Говоря о правильности результата следует обратить внимание учащихся на то, что в силу различных причин он может быть значительно отличным от табличных данных. Результат измерения считается верным, если числовое значение измеряемой величины принадлежит интервалу, ограниченному границей абсолютной погрешности измерений. Поэтому учителю недопустимо высоко оценивать полученный результат только за то, что он совпадает с табличными данными, так как это может быть случайностью или специальной "подгонкой". Значительно более ценно, если ученик обосновал полученный результат и раскрыл причины, не позволяющие получить более точные измерения.

По первым двум критериям учащиеся оцениваются непосредственно в ходе лабораторной работы, а по оформлению отчетов - после урока.

При текущей проверке знаний и умений у учащихся целесообразно применять также устный опрос и индивидуальный эксперимент. В этом случае к классной доске вызывают для контроля сразу двух учащихся. Один из них дает устные ответы на вопросы учителя или решает задачу на доске, а другой в это время, получив подготовленное заранее задание и соответствующие приборы, выполняет на столе эксперимент.

Задания по эксперименту могут быть разнообразными, например: собрать ту или иную установку, начертить схему и по ней собрать электрическую цепь, произвести измерение какой-либо физической величины. Заданиям можно придать форму экспериментальных задач.

Надо иметь в виду, что при таком методе опроса - сразу двух учащихся - внимание учителя по необходимости раздваивается и возникает опасность не получить должного эффекта. Однако опытный учитель, как показывает практика, всегда может заметить, насколько правильно выполняется эксперимент, применяются измерительные и другие приборы, и по достоинству оценить знания и умения опрашиваемого.

Периодическую и итоговую проверку обычно проводят с помощью фронтальных контрольных работ, которые могут быть как кратковременными, так и длительными, рассчитанными на целый урок.

Проверка экспериментальных знаний и умений учащихся должна быть индивидуальной. Поэтому каждое экспериментальное задание выполняется одним учеником. Для этого ученик получает текст задания и необходимое лабораторное оборудование. Все записи и вычисления он выполняет на отдельном листе, предварительно написав свою фамилию и номер варианта.

Во время выполнения заданий учитель следит за работой каждого ученика и делает в своей тетради соответствующие записи. Например, как быстро и правильно тот или иной ученик вычисляет цену деления шкалы прибора, снимает показания приборов, соблюдает правила обращения с приборами и т. п. Эти записи учитываются при оценке работы ученика. Ценную информацию об уровне сформированности измерительных умений несет сам факт принадлежности результата измерений интервалу достоверных значений, определенному в соответствии с теорией погрешностей. Можно утверждать, что если полностью самостоятельно

ученик за время контрольной лабораторной работы получил результат, принадлежащий этому интервалу, то измерительные умения сформированы на достаточном уровне. Оценка должна выставляться за выполнение каждого задания и за весь вариант.

Для оценки экспериментальных знаний и умений учащихся целесообразно использовать уровневый подход. Суть этого метода состоит в том, что экспериментальные знания и умения учащихся разделяются на три уровня. Каждый уровень знаний и умений оценивается соответствующим баллом:

учащимся первой ступени (7 - 8 классы) за первый неполный уровень знаний и умений ставится отметка "3", за полный первый уровень - "4", за второй - "5";

учащимся второй ступени (9 - 11 классы) за первый уровень - "3", за второй - "4", за третий - "5"».