

Р.В. Гурина

**УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ФИЗИКЕ
С КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ
РЕЗУЛЬТАТОВ:
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

***МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ ПРОФИЛЬНЫХ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ КЛАССОВ***

Ульяновск, 2007

УДК: 373.6: 370.1
ББК: 74/265/1+74/04
Г 95

Рецензенты:
д.ф.-м.н. , профессор А.А. Скворцов
д.ф.-м.н. , профессор Э.Т. Шипатов
д.п.н. Л.И. Петриева

Гурина. Р.В.
Г95 Учебно-исследовательский эксперимент по физике с компьютерной обработкой результатов: лабораторный практикум. Методические рекомендации для учителей физики профильных физико-математических классов. – Ульяновск: 2007.– 48 с.

В методических рекомендациях рассматривается инновационный опыт применения компьютера на занятиях физического практикума в профильном физико-математическом классе с углубленным изучением физики МОУ «Лицей физики, математики и информатики №40» при Ульяновском государственном университете.

Переход к профильному образованию на старшей ступени обуславливает повышение требований к содержанию, уровню и качеству образования. Применение компьютера на занятиях физического практикума для аппроксимации исследуемых физических законов (закономерностей), для расчета погрешности измерений позволяет перевести лабораторные работы на достаточно высокий уровень без дополнительных затрат на оборудование и постановку новых работ, отвечающим требованиям профилизации. При этом лабораторная работа предстаёт в виде маленького, но логически завершённого экспериментального исследования, в котором присутствуют все компоненты исследовательской работы: от постановки задачи до анализа результатов с указанием степени их достоверности. Включение в лабораторные работы заданий по аппроксимации графиков позволяет проводить уровневую дифференциацию при проведении занятий, поручая эти задания только сильным ученикам.

Пособие предназначено учителям школ, работающим в физико-математических классах, студентам педвузов, преподавателям средних профессиональных образовательных учреждений технического профиля.

@Гурина Р.В., 2007

Содержание

стр

1. Исследовательские лабораторные работы с компьютерной обработкой результатов.....	4
2. Использование табличного процессора при оформлении лабораторных работ по физике.....	20
3. Использование табличного процессора для определения доверительного интервала случайной погрешности.....	25
4. Приложения: отчёты по лабораторным работам школьников, выполненные на компьютере.....	31
Библиографический список.....	48

1. Исследовательские лабораторные работы с компьютерной обработкой результатов

Важнейшей задачей учителей профильных предметов физики, математики и информатики в физико-математическом классе (ФМК) является формирование элементов **исследовательской культуры (ИК)** учащихся.

ИК выпускника ФМК является основой для формирования профессиональных качеств будущего научного работника, педагога, инженера-исследователя. Основными компонентами ИК являются: **опыт теоретического творчества; практический опыт технического творчества; знания основ методологии процесса познания; использование информационно-телекоммуникационных технологий; элементы научной этики** (схема 1).

Формирование ИК у учащихся осуществляется через проектную деятельность - выполнение проектов (рефератов) по физике, астрономии, космологии, а также при выполнении лабораторных работ исследовательского характера.

Выполнение лабораторных работ является важнейшим компонентом изучения физики в профильном классе. При этом целью занятия является не только проверка теоретического материала, но и развитие исследовательских умений. На этих уроках закладываются навыки и умения, необходимые для планирования и выполнения экспериментов. Получив у преподавателя задание, учащиеся должны сформулировать цель работы, наметить последовательность действий, которая приведет к реализации цели, выбрать необходимое оборудование и собрать схему измерительной установки. Для того, чтобы успешно реализовать этот процесс учащиеся должны уметь работать с информацией, структурировать ее, выделять главное и оценивать значимость второстепенного. Такая работа требует доступности информации и ее представления в удобном виде. Учащиеся должны четко понимать, что же будет результатом этого эксперимента, на основании анализа какого экспериментального факта они смогут сделать вывод о природе наблюдаемого явления. В этой связи актуальной задачей становится обучение учащихся приемам правильной обработки экспериментальных данных, методам анализа полученных результатов и их достоверности. Наиболее эффективно этот процесс реализуется с помощью компьютерных технологий анализа и обработки информации, например, широко доступного пакета Excel.

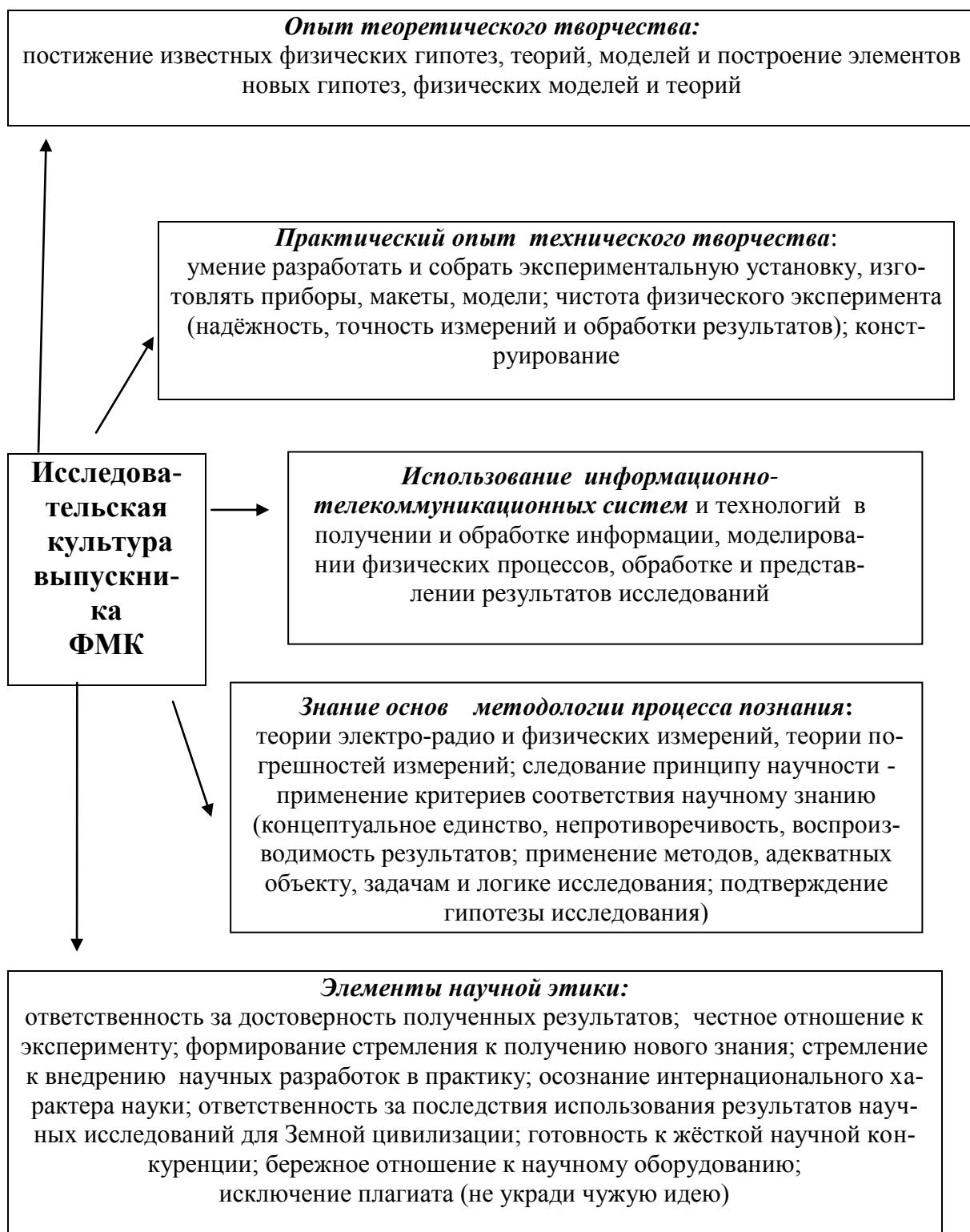


Схема 1. Компоненты исследовательской культуры выпускника ФМК

В последнее время в учебный процесс стали внедряться и пользоваться популярностью виртуальные лабораторные работы по физике, выполняемые на компьютере. Соответственно, среди методистов модными стали рассуждения с перечислениями плюсов и минусов натурального и виртуального экспери-

ментов. Учителя физики стали заменять натурный эксперимент или лабораторную работу компьютерной моделью, обосновывая это тем, что учащиеся с большим интересом и мотивацией воспринимают и выполняют виртуальные варианты экспериментов.

В 10-е и 11-е ФМК классы МОУ «Лицей физики, математики и информатики №40» при Ульяновском государственном университете внедрён физический практикум (2 часа в неделю), содержащий (кроме традиционных) 20 работ исследовательского характера. В пособии рассматривается опыт совместной работы преподавателей физики и информатики в профильном физико-математическом классе с углубленным изучением физики в лицее при выполнении лабораторных работ физического практикума в период 2002-2006 гг.. В одном из физико-математических классов (ФМК) проводились интегрированные уроки физики (лабораторный спецпрактикум+информатика). Спецпрактикум и информатика изучались по подгруппам. Сначала подгруппа выполняет лабораторные работы в лаборатории физики (натурный эксперимент), на следующей паре подгруппа в компьютерном классе обрабатывает эксперимент.

В таких работах надо исследовать функциональную физическую зависимость: провести эксперимент, построить график зависимости, аппроксимировать полученную экспериментальную кривую к математическому выражению методом спрямления.

Лабораторные работы спецпрактикума полностью оформляются на компьютере: текст отчёта, таблицы, схемы установок, рисунки, таблицы результатов, вычисления, графики, расчет погрешностей измерений, построение графиков и их аппроксимация, выводы. Преподавателю сдаётся отчёт, распечатанный на принтере. Наиболее эффективно обработка экспериментальных результатов реализуется с помощью широко доступного пакета Excel. С помощью MS Excel создается документ, который называется электронной таблицей. Файлы с электронными таблицами имеют расширение xls. В одном файле может храниться многотабличная книга, содержащая несколько листов-таблиц и листов-диаграмм. Данные для табличного процессора – это информация, содержащаяся в ячейках таблицы. Команды редактирования таблицы (меню **Правка, Вставка**) позволяют манипулировать с фрагментами таблицы: удалять, копировать, перемещать, вставлять. В MS Excel имеется очень большая библиотека функций. Ее использование осуществляется с помощью мастера функций. Его вызов производится командой **Вставка – Функция** или с помощью соответствующей кнопки на панели инструментов. **Графики** строятся с помощью мастера диаграмм.

Все лабораторные работы спецпрактикума условно можно подразделить на 3 категории по качеству и сложности компьютерной обработки:

1) ЛР, в которых требуется измерить экспериментально ряд физических параметров, по формуле вычислить искомую величину, произвести расчёт погрешностей «Определение длины световой волны с помощью дифракционной решётки», «Определение фокусного расстояния линзы» и др.

2) ЛР, в которых требуется измерить экспериментально ряд физических параметров, по их значениям построить график исследуемой физической зависимости, произвести расчёт погрешностей («Изучение ферромагнетиков», «Изучение закона Ома» и др..

2) ЛР в которых требуется измерить экспериментально ряд физических параметров, по их значениям построить график исследуемой физической зависимости, аппроксимировать полученную экспериментальную зависимость к математической функции (то есть определить, какой формуле подчиняется исследованная экспериментальная кривая), произвести расчёт погрешностей: «Изучение поляризации света (закона Малюса)», «Изучение вольтамперной характеристики вакуумного и полупроводникового диодов» и др.

Наиболее интересны ЛР второй и третьей категории. Ниже приведены графики, построенные и выполненные учащимися на компьютере по экспериментальным данным из различных ЛР.

ЛР второго уровня сложности

Эти работы относятся к категории исследовательских, так как построение зависимости, её анализ несут в себе элементы исследования.

На рис. 1 приведён график зависимости индукции магнитного поля в ферромагнетике B от индукции магнитного поля в вакууме B_0 в относительных единицах из ЛР «Изучение ферромагнетиков» (вторая категория), снятый по координатам острия петли гистерезиса на осциллограмме. Можно было бы ограничиться только этим заданием. Однако представляет интерес построить график $\mu(B_0)$ по графику $B(B_0)$ как отношение значений $\frac{B}{B_0} = \mu$. На рис. 2 построена кривая зависимости относительной магнитной проницаемости μ в зависимости от индукции магнитного поля в вакууме B_0 . Этот график построен с использованием графика рис. 1. Тогда учащимся становится понятным,

почему график $\mu(B_0)$ имеет максимум: на графике отношение $\frac{B}{B_0} = \mu$ численно равно тангенсу угла наклона прямой, проведённой из начала координат к

рассматриваемой точке графика. Из графика видно, что угол наклона (α , следовательно, и его тангенс) сначала растёт, потом уменьшается.

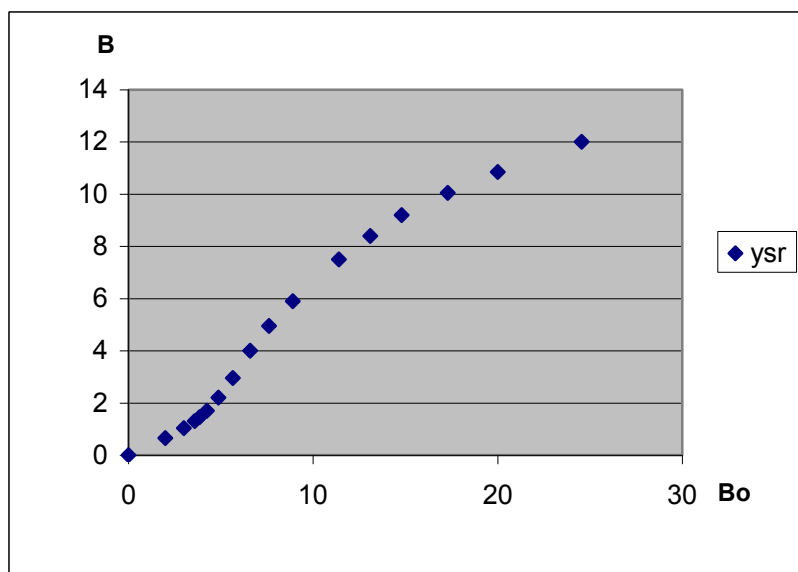


Рис.1. График зависимости $B(B_0)$

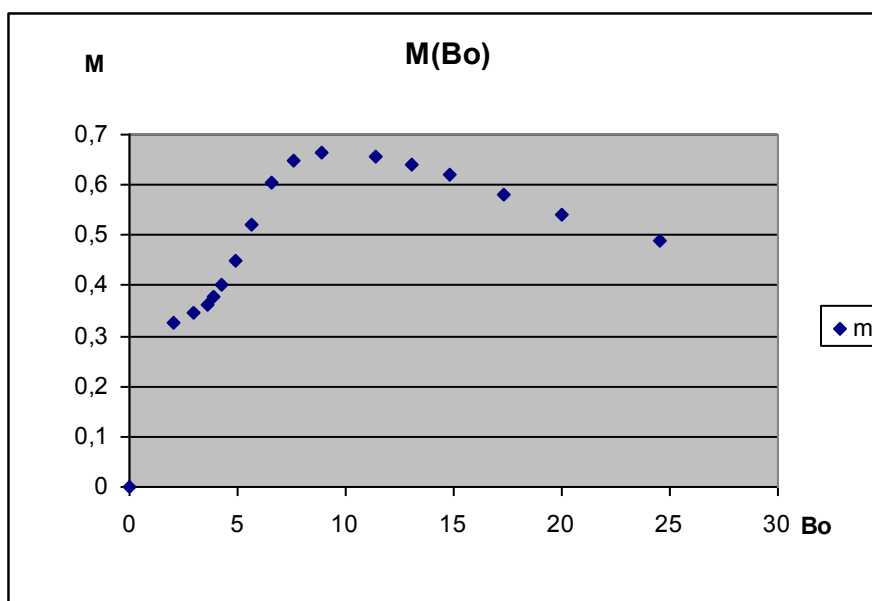


Рис.2. График зависимости магнитной проницаемости μ от индукции внешнего магнитного поля B_0 .

ЛР третьего уровня сложности

Наиболее сложные работы, в которых содержится задание не только построить какую-либо зависимость, но и выяснить математический вид этой зависимости. В таких работах надо аппроксимировать полученную экспериментальную кривую к математическому выражению методом спрямления.

Метод спрямления

Метод спрямления заключается в приведении исследуемой экспериментальной зависимости к линейному виду:

$$y = k x \quad \text{или} \quad b \pm k x \quad (1)$$

Этот метод широко используется в науке для доказательства того, что экспериментальная зависимость, полученная исследователем, отвечает тому или иному закону. Его можно применять и не имея возможности аппроксимировать экспериментальные кривые с помощью компьютерных программ. Это тонкий метод и выводит исследование на более высокий уровень. Его использование рекомендуется тем учителям, кто желает научить школьников глубоко постигать физические явления и вывести некоторые лабораторные работы на уровень маленького исследования.

Рассмотрим этот метод на примерах.

Применение метода спрямления к степенной функции

Пример 1. Известно, что вольтамперная характеристика (ВАХ) вакуумного диода на начальном участке является степенной функцией, именуемой законом трёх-вторых (закон Богуславского –Ленгмюра):

$$I = k U^{3/2}, \quad (2)$$

Обозначим $U^{3/2}$ через x , тогда зависимость (2) будет иметь вид:

$$I = k x, \quad (3)$$

Уравнение (3) – это линейная зависимость вида рис.3

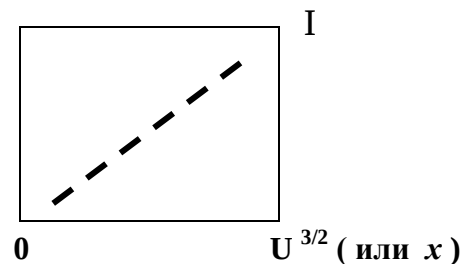
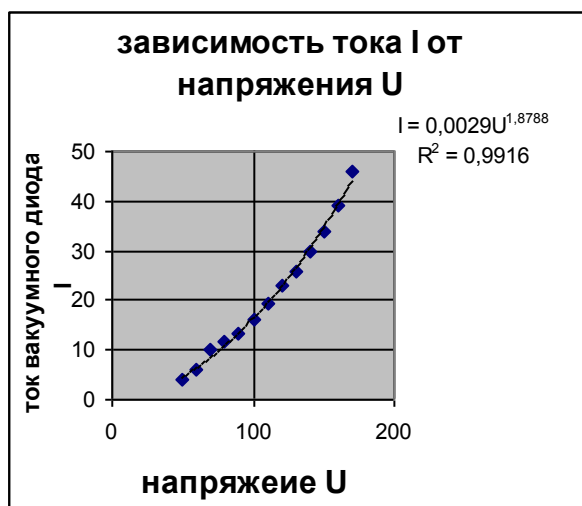


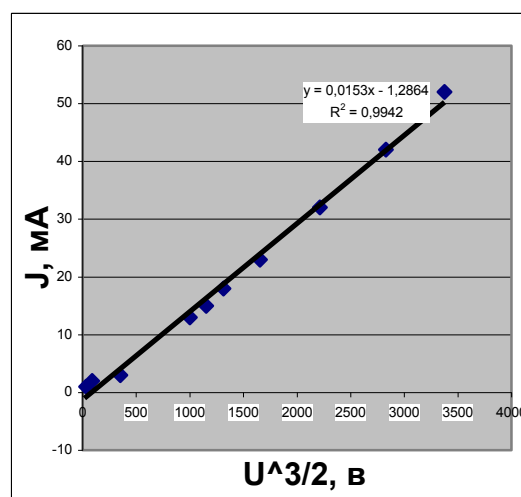
Рис. 3. Спрявление графика закона трёх-вторых в координатах

$$I = f(U^{3/2})$$

Если экспериментальные точки хорошо ложатся на прямую, то есть эффект спрямления прослеживается, значит закон трёх-вторых справедлив. На рис. 4 приведены графики из лабораторной работы «Исследование вольтамперной характеристики вакуумного диода», цель которой исследовать зависимость тока вакуумного диода от напряжения на аноде (проверка закона Богуславского-Ленгмюра). Исходными данными в работе являются прямые измерения тока и напряжения, результаты которых заносятся в таблицу. Далее на компьютере строится график вольтамперной характеристики (ВАХ) на начальном этапе, то есть до насыщения (рис.1). Следующим заданием учащихся является перестройка вольтамперной характеристики диода в виде зависимости $I = f(U^{3/2})$. График в таких координатах спрямляется и соответствует линейной функции $y = kx$, где $x = U^{3/2}$ (рис.4). Если график хорошо спрямляется, это означает, что закон трёх-вторых (Богуславского-Ленгмюра) справедлив.



а)



б)

Рис.4..Начальный участок вольтамперной характеристики вакуумного диода

а) – в обычных координатах $I(U)$;

б) – спрямление в координатах $I = f(U^{3/2})$.

Затем, применив пакет Excel для аппроксимации полученной зависимости линейной функцией, учащиеся убеждаются в том, с какой степенью достоверности выполняется «закон 3/2» на начальном участке вольтамперной характеристики диода.

При выполнении лабораторной работы «Исследование гармонических колебаний математического маятника» по экспериментальным данным вычисляется величина периода колебаний в зависимости T от длины подвеса l :

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} \quad (3)$$

и строится график зависимости $T(l)$. Затем учащиеся строят спрямлённый график в координатах $T = f(l^{1/2})$ или $T^2 = f(l)$ (рис.5). Спрявление свидетельствует о справедливости математической формулы (3).

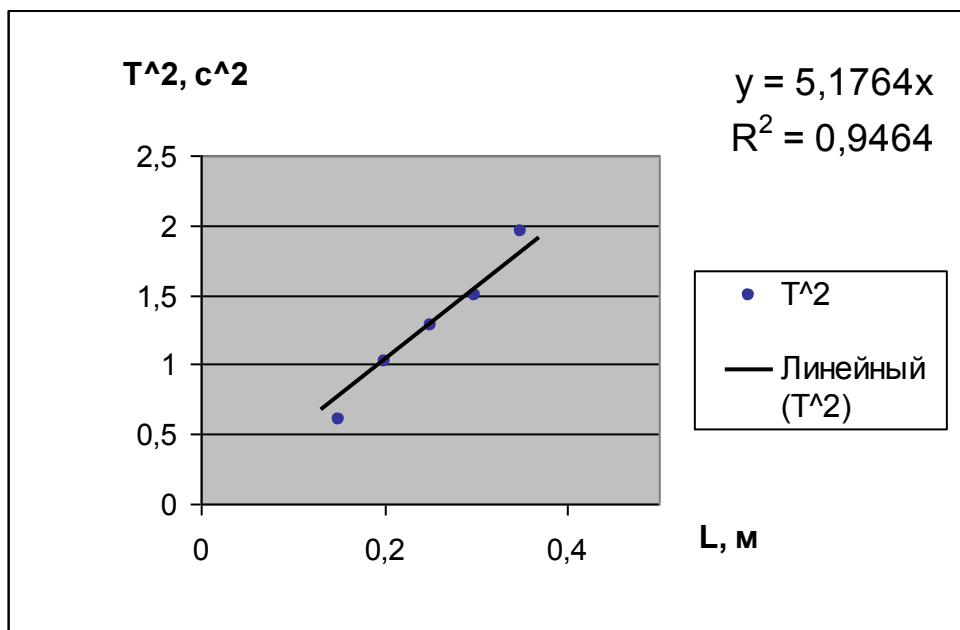


Рис.5. График зависимости $T^2 = f(l)$ для математического маятника.

Более того, из этого графика по углу его наклона можно определить экспериментальное значение ускорения свободного падения: $y = 5,1764x$ - уравнение аппроксимирующей прямой. Тогда $T^2 = 5,1764 l$. Следовательно $g = (4\pi^2 l)/T^2$ или $g = 4\pi^2/5,1764 \approx 8,1$,м/с. Среднее значение ускорения $g = 8,033 \pm 2.079$. Табличное значение $g = 9,8$ входит в этот интервал. Значит, полученный результат можно считать верным с учетом случайных ошибок в измерениях. Коэффициент корреляции равен 0.99109.

Подобные стереотипные задания содержатся в других лабораторных работах, входящих в спецпрактикум: «Изучение равноускоренного движения с помощью прибора Атвуда» (спрявление параболической зависимости перемещения от времени $s(t)$ в координатах $s = f(t^2)$). Подобным же образом можно исследовать зависимость периода колебаний пружинного маятника от

массы грузика (рис.6) в лабораторной работе «Исследование гармонических колебаний пружинного маятника»..

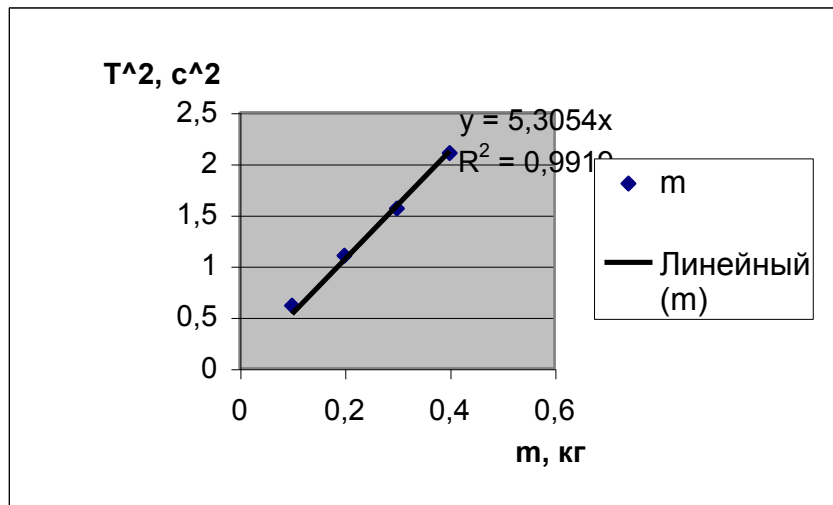


Рис. 6. Линейный вид графика зависимости квадрата периода колебаний пружинного маятника от его массы $T^2 = f(m)$ доказывает математическую зависимость $T = 2\pi (m/k)^{1/2}$

По графику учащиеся определяют коэффициент жёсткости пружины:

$$T^2 = \frac{4\pi}{k} m; \quad \frac{4\pi}{k} = 2,8 \quad k = 14,1 \text{ Н/м.}$$

Последним заданием, завершающим все лабораторные работы, является расчёт погрешностей измерений, которые большинство учащихся выполняют с помощью компьютера.

$$\Delta k = \frac{2,9\sqrt{12,77}}{2} = 5,18, \quad k = 12,77 \pm 5,18 \text{ Н/м.}$$

Применение метода спрямления к гиперболической зависимости

Пример 1. Исследуем гиперболический график (рис 7,а) вида:

$$W = A/r^\beta, \quad (4)$$

Где $A = W$ при $r = 1$, $\beta = \text{const}$ (для идеальной гиперболы $\beta = 1$);

1. Сначала прологарифмируем зависимость (4):

$$\ln W = \ln A - \beta \ln r \quad (5)$$

2. Обозначим $\ln W = y$; $\ln A = b = \text{const}$; $\ln r = x$.

3. Представим функцию (4. 5) в виде:

$$y = b - \beta x \quad (6)$$

Уравнение (6) имеет вид линейного графика, с началом в точке b (при $x=0$, $y=b$), идущий вниз под углом к оси абсцисс.

4. Составим таблицу экспериментальных значений

$$y = \ln W \text{ и } \ln A - \beta \ln r$$

5. Построим графическую зависимость $\ln W$ от $\beta \ln r$ (или $\ln r$).

На рис. 7, б представлен спрямлённый график гиперболы в логарифмическом масштабе $\ln W$ ($\ln r$). Хорошее спрямление свидетельствует о том, что зависимость (4) является гиперболой.

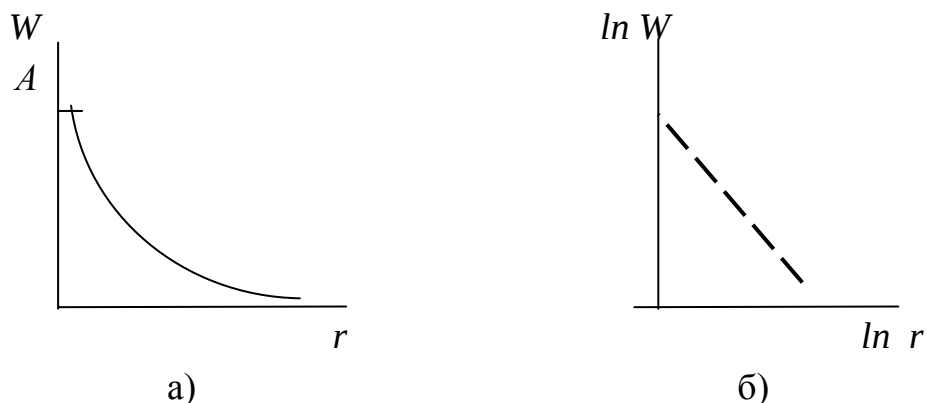


Рис.7. Гипербола (а) и «спрямленная» гиперболическая зависимость в двойном логарифмическом масштабе (б)

Пример 2. Применение метода спрямления к гиперболе, смещённой относительно оси ординат (рис.8, а)

Исследуем функцию вида:

$$W = B + A/r^\beta, \quad (7)$$

где B – постоянная: при r , стремящемся к бесконечности, $W = B$.

1. Перенесём постоянную B в левую часть уравнения

$$W - B = A/r^\beta$$

2. Прологарифмируем зависимость (1):

$$\ln(W - B) = \ln A - \beta \ln r \quad (8)$$

3. Обозначим $\ln(W - B) = y$; $\ln A = b = \text{const}$; $\ln r = x$.

4. Представим функцию (8) в виде:

$$y = b - \beta x \quad (9)$$

Уравнение (9) – это линейная функция вида рис.8. Только по оси ординат откладывается $\ln(W - B)$.

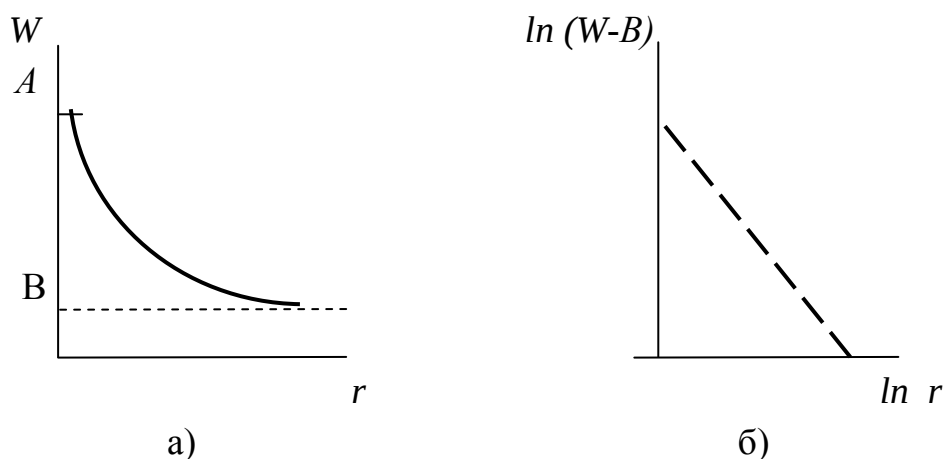


Рис. 8 Гипербола (а) и «спрямленная» гиперболическая зависимость в двойном логарифмическом масштабе (б)

Применение метода спрямления к экспоненциальной зависимости

Пример 1. В качестве примера приведем механизм спрямления экспоненциальной зависимости сопротивления термистора от температуры лабораторной работы «Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников». Известно, что зависимость сопротивления полупроводников от температуры $R(T)$ определяется формулой ;

$$R = R_0 \exp\left(\frac{E}{2kT}\right), \quad (10)$$

где $k = 8,6 \cdot 10^{-5}$, эВ/К. Экспериментальный график этой зависимости учащиеся выстраивают, исследуя эту характеристику для термистора (рис.9).

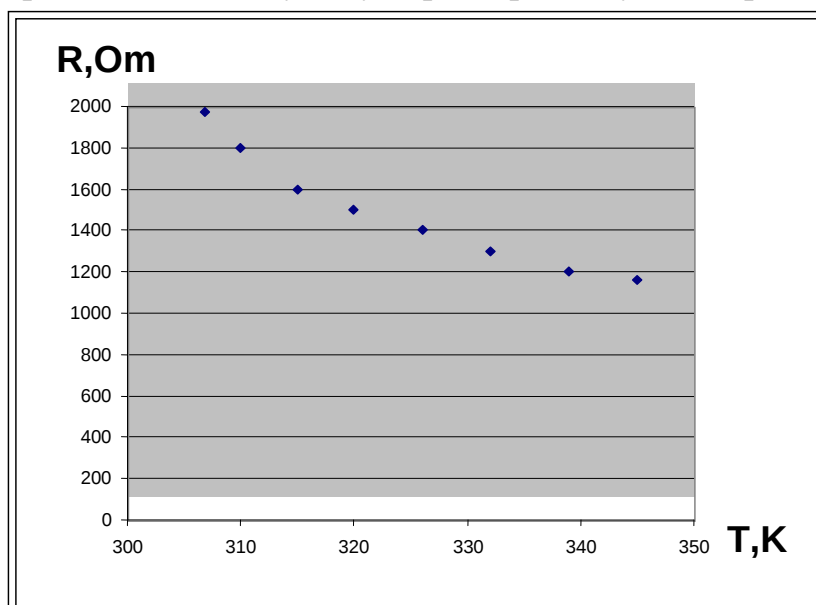


Рис. 9. Зависимость сопротивления полупроводника от температуры

Прологарифмируем выражение (10):

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{E}{2kT} \quad (11)$$

Представим функцию (11) в виде:

$$y = a + b/T, \quad \text{где } b = E/2k \quad (12)$$

Эту функцию можно привести к прямо пропорциональной, если обозначить $1/T$ через x , тогда зависимость (3) превращается в известную линейную:

$$y = a + bx, \quad (13)$$

Перестроив график $R(T)$ в координатах $\ln R = f(1/T)$, учащиеся получают прямую (рис. 10), что является доказательством того факта, что температурная зависимость $R(T)$ полупроводников подчиняется зависимости (11).

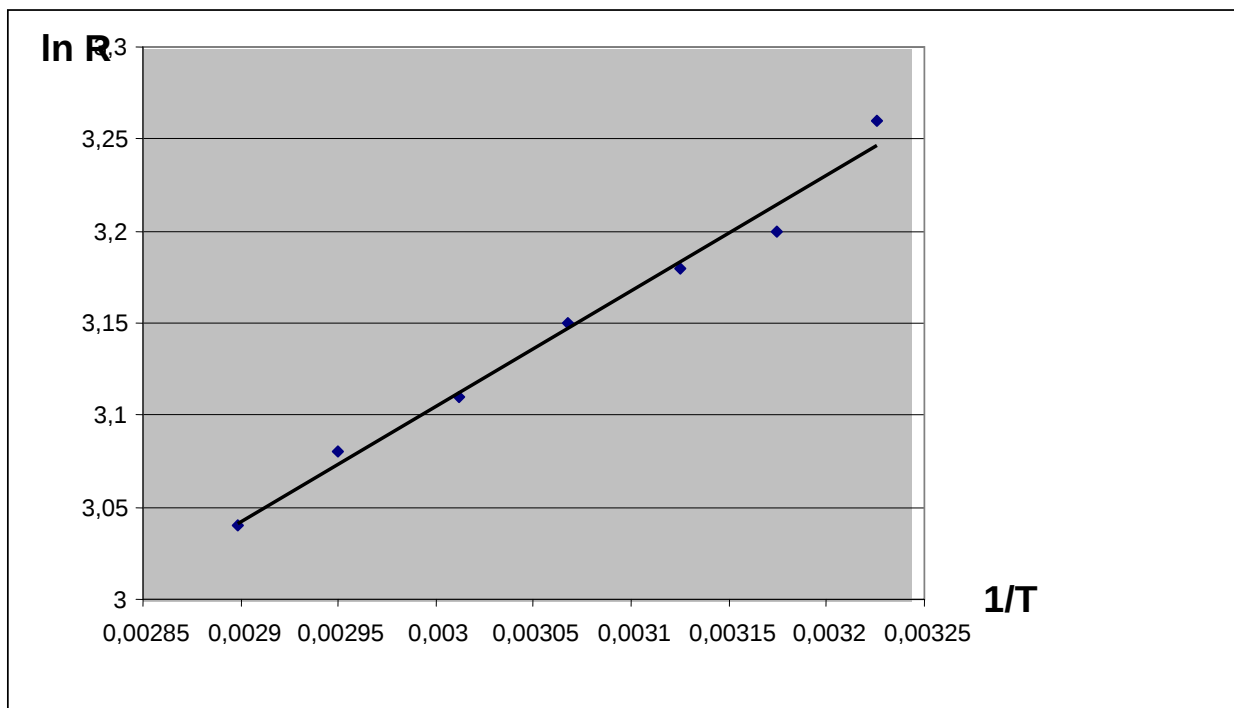


Рис. 10. Спрямление функции (10) в координатах $\ln R = f(1/T)$,

По графику учащиеся также определяют энергию E , требующуюся для образования электронно-дырочной пары:

$$E = \operatorname{tg} \alpha \cdot 2k,$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{E}{2k}, \quad \text{тогда } E = \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} 2k = 0,07 \text{ ЭВ} \quad (14)$$

Пример 2. Рассмотрим эту процедуру на примере вольтамперной характеристики вакуумного или полупроводникового диода, которая имеет вид:

$$I = I_0 [\exp (+eU / kT) - 1] \quad \text{ - прямое включение; } \quad (15)$$

$$I = I_0 [\exp (-eU / kT) - 1] \quad \text{ - обратное включение } \quad (16)$$

где e – заряд электрона, U – напряжение, k – постоянная Больцмана, T – температура.

А. Прямое включение.

Преобразуем (15) :

$$I / I_0 = \exp (+eU / kT) - 1 \quad (17)$$

$$I / I_0 + 1 = \exp (+eU / kT) \quad (18)$$

Прологарифмируем (18)

$$\ln (I / I_0 + 1) = eU / kT$$

Так как $T = \text{const}$, $e = \text{const}$, $k = \text{const}$, то $e / kT = \text{const}$, тогда

$$\ln (I / I_0 + 1) = \text{const } U \quad (19)$$

На рис. 11 представлены графики прямой ветки ВАХ полупроводникового диода: в обычных координатах $I=f(U)$ (а) и в координатах $\ln (I / I_0 + 1)$ $I=f(U)$ (б) из отчёта по лабораторной работе « Исследование полупроводникового диода»

Тогда график зависимости (19) будет представлять из себя прямую линию т.е. график функции $y \sim x$).

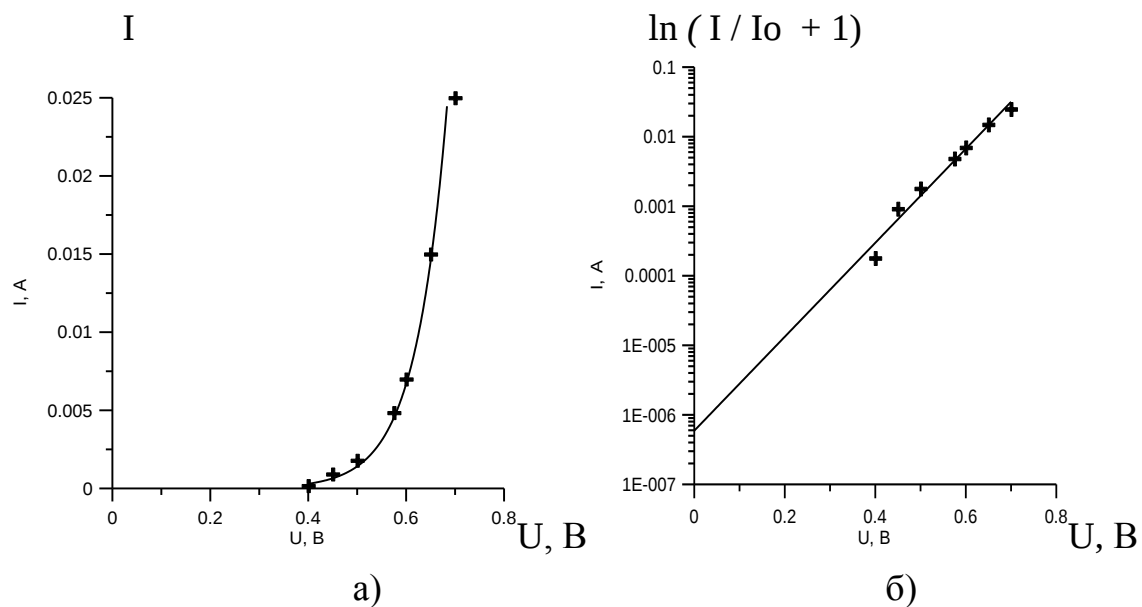


Рис. 11. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода (прямое включение): (а) – в обычных координатах $I = f(U)$;

б) - спрямлённая вольтамперная характеристика в координатах

$$\ln (I / I_0 + 1) = f (U)$$

По графику 116 учащиеся убеждаются, что зависимость $I(U)$ действительно является экспоненциальной.

Б. Обратное включение

$$I = I_0 [\exp (-eU / kT) - 1] \text{ - обратное включение} \quad (16)$$

Преобразовав (16) и произведя логарифмирование, получим выражение

$$\ln(I / I_0 + 1) = - \text{const } U, \quad (17)$$

которое представляет собой линейную зависимость вида

$$y = - kx$$

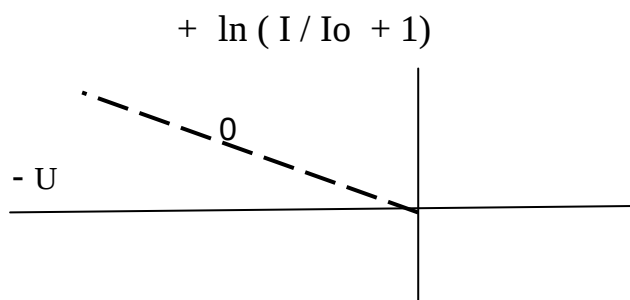


Рис. 12 Спрямление обратной ветви ВАХ полупроводникового диода в координатах $\ln(I / I_0 + 1) = f(-U)$

Подобные стереотипные задания содержатся и в других лабораторных работах, входящих в спецпрактикум. Ниже приводятся спрямлённый график из отчёта учащихся по лабораторной работе «Исследование поляризации света», в которой учащиеся проверяют закон Малюса $I = I_0 \cos^2 \varphi$, перестраивая зависимость интенсивности света I , выходящего из анализатора от косинуса угла φ между осями поляризатора и анализатора, в координатах $I = f(\cos^2 \varphi)$ (рис.13).

Таким образом, применение пакета Excel при обработке и анализе экспериментальных данных позволяет учащимся более детально исследовать поставленную преподавателем проблему, приучает их оформлять лабораторную работу в виде маленького, но логически завершённого исследования, в котором присутствуют все компоненты исследовательской работы: от постановки задачи до анализа результатов с указанием степени их достоверности.

Исследовательский подход к выполнению лабораторных работ улучшает качество усвоения теоретического материала, прививает учащимся навыки научной работы и элементы исследовательской культуры, способствует повышению мотиваций к изучению физики, что подтверждается результатами опроса. Дидактическим условием формирования экспериментальных умений,

осуществляемых в процессе выполнения лабораторных работ, является наличие методического сопровождения – блока методических разработок. Разработанные автором методические руководства содержат задания разного уровня сложности с целью осуществления уровневой дифференциации на стадиях выполнения лабораторной работы и обработки результатов эксперимента. В начале 10-го класса только наиболее сильные учащиеся получают задания второго и третьего уровня сложности, а также обрабатывают результаты, рассчитывают ошибки, строят и аппроксимируют графики полученных функций с помощью компьютерных технологий. К концу 10-го класса уже все учащиеся вовлечены в образовательный процесс с использованием компьютера и работают на третьем уровне сложности заданий.

Проводился опрос учащихся ФМК с углубленным изучением физики 10-го и 11-го «А» класса Лицея физики, математики и информатики по реализации ожиданий от физического практикума (2005-2006 гг.). В 10 классе среди 26 учащихся проводилась анкета с вопросом «Что Вы ждёте от занятий спецпрактикума?» и предлагалась 14 ответов (получить систему глубоких знаний по методам экспериментальных исследований; освоить работу с измерительными приборами; приобщиться к науке; умение качественно провести эксперимент; умение читать и представлять информацию с помощью графиков, схем, чертежей и формул; умение интерпретировать результаты эксперимента, сделать выводы; творчески глубоко мыслить; получить основы исследовательской культуры и др.), среди которых каждый респондент должен был отметить не более 5. В 11 классе тем же учащимся была предложена анкета «Реализовались ли Ваши ожидания?» с теми же ответами. По каждому пункту ответов были подсчитаны голоса в процентном отношении. Две выборки ответов (ожидание и реализация) позволили произвести подсчёт реализации ожиданий по методу Спирмена [1-3]. Коэффициент Спирмена r_s оказался равным 0,9, что соответствует очень сильной корреляции между ожиданиями и их реализацией.

Наши исследования показали, что хорошо организованные лабораторные работы являются средством формирования мотивации к изучению физики. Гистограммы рисунка 13 иллюстрируют положительный сдвиг уровня познавательного интереса к физическому эксперименту и к экспериментальной исследовательской деятельности. Опрос проводился среди тех же учащихся с помощью 7-балльной шкалы самооценки, на которой выделялись уровни (от -3 до -2 – низкий; от -1 до +1 – средний; от +2 до +3 – высокий) и высчитывалось распределение ответов учащихся по уровням в процентах. Низкий уровень отсутствует совсем. В начале 10-го класса средний уровень познавательного интереса

проявляли 66,6% учащихся, высокий – 33,3%; в конце 10-го класса средний уровень составил 7%, высокий – 93%. Таким образом, познавательный интерес возрос в 3 раза: почти весь класс (93%) стал проявлять интерес к экспериментальному исследованию.

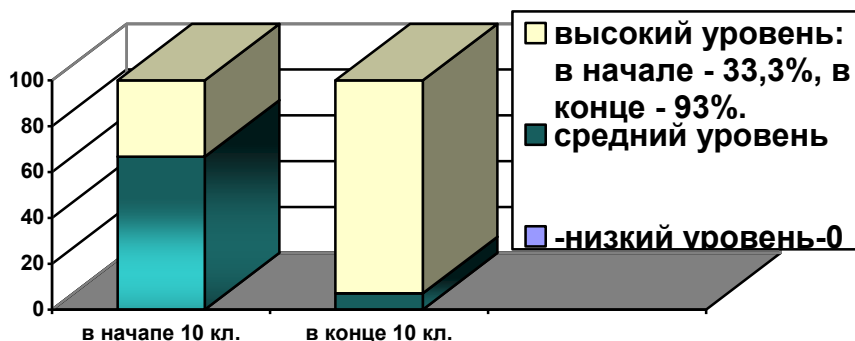


Рис.13 . Увеличение уровня познавательного интереса к физическому эксперименту у учащихся 10 «А» ФМК при использовании исследовательских лабораторных работ.

Выводы

- Аппроксимация графиков функций к линейной зависимости (спрямление графиков функций в соответствующих координатах) является чисто научным приёмом, используемым всеми физиками-экспериментаторами. Таким образом, лабораторная работа предстаёт в виде в виде маленького, но логически завершённого исследования, в котором присутствуют все компоненты исследовательской работы: от постановки задачи до анализа результатов с указанием степени их достоверности.
- Переход к профильному образованию на старшей ступени обуславливает повышение требований к содержанию, уровню и качеству образования. Введя дополнительные задания по аппроксимации физических зависимостей в стандартные лабораторные работы общеобразовательной программы, можно перевести их на достаточно высокий уровень для использования в профильных ФМК без дополнительных затрат на оборудование и постановки новых работ, отвечающим требованиям профилизации.
- Включение в лабораторные работы заданий по аппроксимации графиков позволяет проводить уровневую дифференциацию при проведении занятий спецпрактикума, поручая эти задания только сильным ученикам.
- Учащиеся профильных классов с большим интересом и удовлетворением выполняют лабораторные работы с элементами исследования, что подтверждается результатами опроса по реализации ожиданий

2. Использование табличного процессора при оформлении лабораторных работ по физике

Выполнение лабораторных работ является важнейшим компонентом преподавания физики в профильном классе. При этом целью занятия является не только усвоение теоретического материала, но и развития навыков исследовательской работы. На этих уроках закладываются навыки и умения необходимые для планирования и выполнения экспериментов. Получив у преподавателя задание, учащиеся должны сформулировать цель работы, наметить последовательность действий, которая приведет к реализации цели, выбрать необходимое оборудование и собрать схему измерительной установки. Для того, чтобы успешно реализовать этот процесс учащиеся должны уметь работать с информацией, структурировать ее, выделять главное и оценивать значимость второстепенного. Такая работа требует доступности информации и ее представления в удобном виде. Учащиеся должны четко понимать, что же будет результатом этого эксперимента, на основании анализа какого экспериментального факта они смогут сделать вывод о природе наблюдаемого явления. В этой связи актуальной задачей становится обучение учащихся приемам правильной обработки экспериментальных данных, методам анализа полученных результатов и их достоверности. Наиболее эффективно этот процесс реализуется с помощью компьютерных технологий анализа и обработки информации, например, широко доступного пакета Excel.

С помощью MS Excel создается документ, который называется электронной таблицей. Файлы с электронными таблицами имеют расширение xls. В одном файле может храниться многотабличная книга, содержащая несколько листов-таблиц и листов-диаграмм. Данные для табличного процессора – это информация, содержащаяся в ячейках таблицы. Команды редактирования таблицы (меню **Правка, Вставка**) позволяют манипулировать с фрагментами таблицы: удалять, копировать, перемещать, вставлять. Команды форматирования (меню **Формат**) позволяют изменять внешний вид таблицы, ее оформления. Команды работы с файлами (меню **Файл**) – стандартный набор команд, позволяющих открывать и сохранять файлы, организовывать вывод на печать полученного документа.

Содержимым ячейки электронной таблицы может быть число, текст или формула. Числа разделяются на целые и вещественные. Вещественные числа можно записывать двумя способами:

- в форме с фиксированной запятой, например, 3,1415;
- в экспоненциальной форме (в форме с плавающей запятой, например, 1E-4 (0,0001)).

В электронных таблицах используются арифметические формулы, которые состояются из констант, переменных, знаков операций, функций, круглых скобок. Ввод формулы начинается со знака «=». Например, =2,5*(G5+G2). При этом результатом вычисления по арифметической формуле является число.

В MS Excel имеется очень большая библиотека функций. Ее использование осуществляется с помощью мастера функций. Его вызов производится командой **Вставка – Функция** или с помощью соответствующей кнопки на панели инструментов.

Для создания электронной таблицы необходимо ввести исходные данные в ячейки, затем произвести с ними арифметические операции с помощью Мастера функций. Для этого вызвать его и выполнить следующие шаги:

1. выбрать тип функции (математические, статистические и т.д.);
2. в раскрывшемся окне «Аргументы функции» перечислить номера ячеек, в которых содержатся аргументы.
3. в режиме таблицы протянуть курсором действие функции на нужное число ячеек и в них появятся автоматически вычисленные значения функции для соответствующих аргументов.

Например, таким образом можно создать следующую таблицу:

Определение коэффициента жёсткости пружины по зависимости

$$T^2 = f(m)$$

№						
опыта	m	n	t	T	T^2	
1	0,1	10	5	0,5	0,25	
2	0,2	10	7,5	0,75	0,5625	
3	0,3	10	9	0,9	0,81	

Графики строятся с помощью мастера диаграмм. Вызов мастера диаграмм производится выполнением команды **Вставка – Диаграмма**.

Алгоритм получения графика следующий:

- выполнить команды **Вставка – Диаграмма**;
- далее в среде мастера диаграмм: в окне «Мастер диаграмм: параметры диаграммы» на закладке «Стандартные» выбрать тип «Точечная». Точечная диаграмма позволяет сравнить пары значений. Нажать «Далее»;
- в окне «Исходные данные» на закладке «Ряд» нажать кнопку «Добавить»
- в окна «значения X» и «значения Y» поместить номера соответствующих ячеек таблицы, в окно «Имя» - имя ряда. Нажать «Далее»;
- с помощью окна «Мастер диаграмм: параметры диаграммы» оформить диаграмму. На закладке «Заголовки» указать заголовок диаграммы, подписи к осям, на закладке «Легенда» - место расположения легенды, щелкнуть по кнопке «Далее»;
- выбрать вариант размещения диаграммы: на том же листе, что и таблица, либо на отдельном листе. Нажать кнопку «Готово».

График искомой функции должен проходить близко к точкам диаграммы экспериментальных данных. Строить функцию так, чтобы ее график точно проходил через все экспериментальные точки не имеет смысла, т.к. математический вид такой функции может быть очень сложным, кроме того, экспериментальные значения являются приближенными. Можно сформулировать основные требования к искомой функции:

1. она должна быть достаточно простой для ее использования в дальнейших вычислениях;
2. график этой функции должен проходить вблизи экспериментальных точек так, чтобы отклонения этих точек от графика были минимальны и равномерны.

Полученную функцию называют регрессионной моделью. Получение регрессионной модели происходит в два этапа:

1. подбор типа функции. Как правило, выбор производится среди следующих функций:
 - линейная функция $y = ax + b$;
 - квадратичная функция $y = ax^2 + bx + c$;
 - логарифмическая функция $y = a \ln(x) + b$;
 - экспоненциальная функция $y = ae^{bx}$;

- степенная функция $y = ax^b$.

2. вычисление параметров функции производится методом наименьших квадратов (МНК). Суть его состоит в следующем: искомая функция должна быть построена так, чтобы сумма квадратов отклонений у-координат всех экспериментальных точек от у-координат графика функции была бы минимальной. МНК по данному набору экспериментальных точек может построить любую функцию. График регрессионной модели называется трендом (от англ. Trend тенденция).

3. Алгоритм построения тренда с помощью: MS Excel

- подвести мышь к экспериментальной точке на диаграмме и нажать правую клавишу. В появившемся меню выбрать опцию «Добавить линию тренда»;
- в окне «Линия тренда» на закладке «Тип» выбрать тип функции;
- на закладке «Параметры» поставить флажки «Показывать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации».

4. В результате построения тренда на графике появляется записанная в явном виде регрессионная модель и коэффициент детерминированности R^2 , который определяет насколько удачной является полученная регрессионная модель: чем ближе к 1, тем удачнее модель.

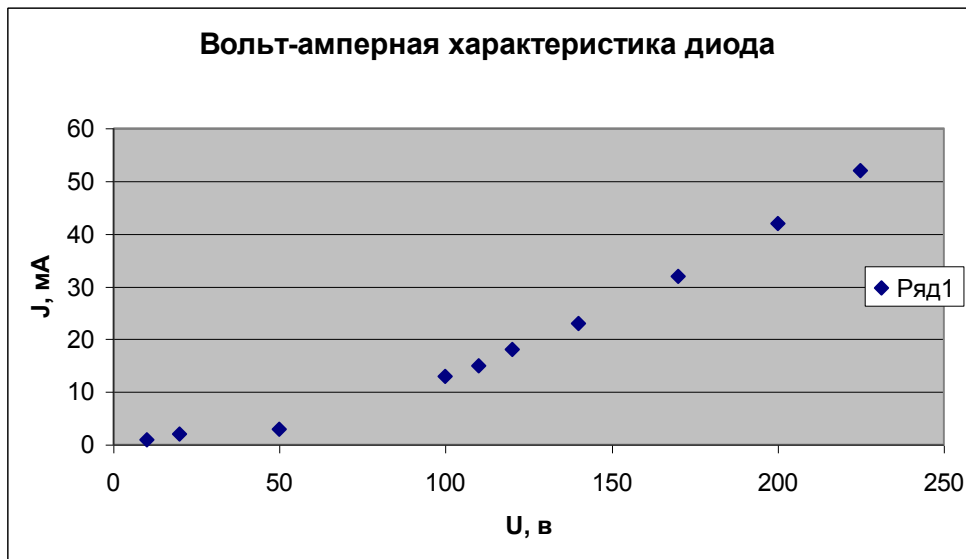
В качестве примера рассмотрим лабораторную работу, цель которой исследовать зависимость тока вакуумного диода от напряжения на аноде и определить работу выхода электрона из катода.

Исходными данными в этой работе являются прямые измерения тока и напряжения, результаты которой занесены в таблицу.

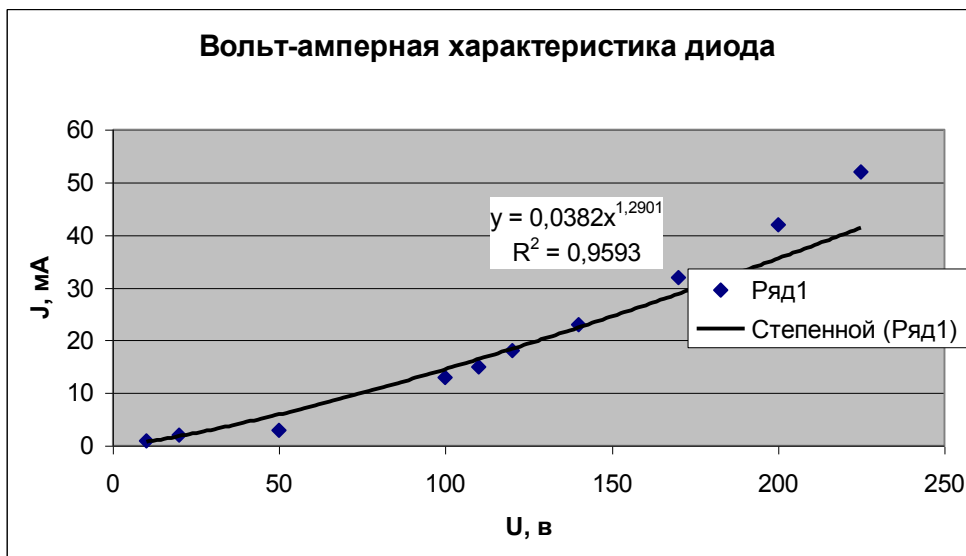
Таблица экспериментальных данных.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, в	10	20	50	100	110	120	140	170	200	225
I, мА	1	2	3	13	15	18	23	32	42	52

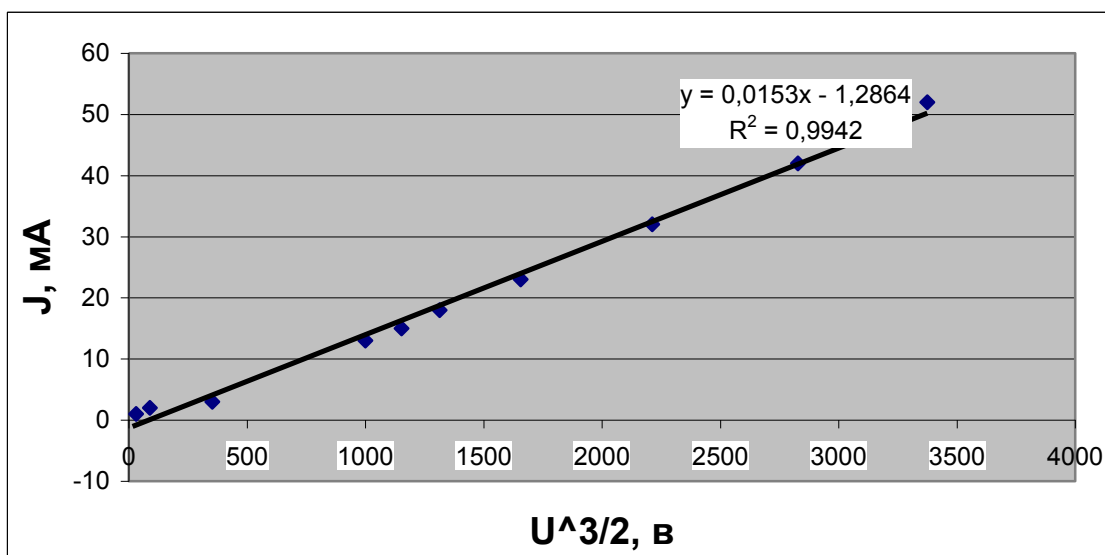
Далее с помощью мастера диаграмм строится график вольтамперной характеристики.



Используя опцию «Добавить линию тренда» рассмотрим аппроксимацию экспериментальной зависимости степенной функцией.



В этой работе полезно перестроить вольтамперную характеристику диода в виде зависимости $I = f(U^{3/2})$. Затем произведем аппроксимацию полученной зависимости линейной функцией.



Далее, сравнив значения достоверности аппроксимации выберем наиболее удачный вид регрессионной модели.

Полученный график позволяет оценить величину работы выхода. Когда ток равен нулю, напряжение $U^{3/2} \approx 84$ В , следовательно $U \approx 19,1$ В,

$$A_{\text{вых}} = qU ,$$

$$A_{\text{вых}} = 3 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} = 19,1 \text{ эВ}.$$

Таким образом, обработав экспериментальные данные с помощью MS Excel, учащиеся могут сделать выводы по результатам работы, более детально исследовать поставленную преподавателем проблему, что приучает их оформлять лабораторную работу в виде маленького, но логически завершенного исследования, в котором присутствуют все компоненты исследовательской работы: от постановки задачи до анализа результатов с указанием степени их достоверности.

Несомненно, такой подход к выполнению лабораторных работ улучшит качество усвоения теоретического материала и привьет учащимся навыки экспериментаторской работы.

3. Использование табличного процессора для определения доверительного интервала случайной погрешности

Для оценки достоверности получаемых результатов, учащиеся должны научиться правильно обрабатывать экспериментальные данные. Они должны

четко понимать, что экспериментальный результат необходимо указывать с учетом доверительного интервала погрешности измерений. Методика вычисления доверительного интервала с помощью пакета Excel легко усваивается учениками, и далее сравнивая полученный результат, например, с табличными данными они могут сделать вывод о его достоверности.

Погрешности результатов измерений физических величин

Прямыми измерениями называются измерения, при которых с помощью эталонного прибора измеряют непосредственно измеряемую величину. Например, прямым измерением является измерение силы тока с помощью амперметра.

Косвенные измерения – это измерения, при которых искомое значение величины находится на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, определяемыми прямыми измерениями. Например, косвенным измерением является измерение сопротивления проводника по результатам прямых измерений тока и напряжения.

Абсолютная погрешность ΔX - это разность между измеренным ($X_{изм}$) и истинным значением (X_0) измеряемой величины:

$$\Delta X = X_{изм} - X_0$$

Относительная погрешность измерения δ равна отношению абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины:

$$\delta = \frac{\Delta X}{X_0} \cdot 100\%$$

Истинное значение измеряемой величины X_0 экспериментатору неизвестно. Наиболее близко к истинному значению лежит среднее значение измеряемой величины, определяемое по формуле:

$$\langle X \rangle = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

где X_i - значение измеряемой величины в i -том измерении, n - число измерений. Оценку абсолютной погрешности можно найти по формуле:

$$\Delta X_i = X_i - \langle X \rangle \quad (2)$$

Систематическая погрешность измерения – это составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющейся при измерениях. Она может быть вызвана неточностью метода измерения, погрешностями приборов и другими причинами.

Случайная погрешность измерения – это составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом (даже при повторных прямых измерениях.).

При многократных измерениях одной и той же величины получается набор значений измеряемой величины, которые представляют собой набор случайных величин. Соответственно случайными величинами являются и абсолютные погрешности ΔX_i . Приближенное значение среднеквадратического отклонения σ при n независимых измерениях случайной величины можно рассчитать по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i)^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (3)$$

Доверительная граница погрешности определяется выражением:

$$\Delta X_{ep} = t \cdot \sigma \quad (4)$$

где t - это коэффициент, зависящий от числа измерений (см. таблицу)

Число измерений	3	4	5	6	7	8	9	10	30	∞
t	2.9	2.4	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.645

При прямых измерениях, когда результаты отдельных измерений одинаковы ($\Delta X_i = 0$), доверительная граница погрешности оценивается по приборной погрешности:

$$\Delta X_{np} = 0.55 \cdot \Delta \quad (5)$$

где Δ - либо максимальная погрешность прибора, либо половина цены его наименьшего деления.

Если значение ΔX_{ep} сравнимо с ΔX_{np} , то результирующая погрешность измерений находится следующим образом:

$$\Delta X_{изм} = \sqrt{\Delta X_{ep}^2 + \Delta X_{np}^2} \quad (6)$$

Интерполяция. Линейная интерполяция допускает, что приращение функции пропорционально приращению аргумента. Если заданное значение x лежит между известными значениями x_0 и $x_1 = x_0 + h$, которым соответствуют значения функции $y_0 = f(x_0)$ и $y_1 = f(x_1) = y_0 + d$, то принимают

$$f(x) = f(x_0) + \frac{x - x_0}{h} d$$

Погрешность линейной интерполяции не превышает единицы последней значащей цифры.

Порядок аналитической обработки результатов прямых измерений

1. Используя выражение (1) рассчитать среднее значение измеряемой величины.
2. Используя выражение (2) рассчитать приближенное значение абсолютной погрешности каждого измерения.
3. Используя выражение (3) рассчитать среднеквадратическое отклонение.
4. Используя выражение (4) рассчитать ΔX_{cp} .
5. Используя выражение (5) рассчитать ΔX_{np} .
6. Используя выражение (6) определить результирующую погрешность.
7. Записать полученный результат и погрешность.

Рассмотрим определение доверительного интервала случайной погрешности при измерении величины ускорения свободного падения с помощью математического маятника.

Период колебаний маятника равен:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g}, \text{ следовательно } g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$$

Исходные данные помещаем в таблицу 1, а определяемую величину g в таблицу 2.

Таблица 1.

Исследование зависимости периода колебаний T математического маятника от его длины.

N	l, м	T ₁ , с	T ₂ , с	T ₃ , с	<T>, с	<T> ² , с ²
1	0.15	0.8	0.76	0.78	0.78	0.6084
2	0.20	1	1.05	0.98	1.01	1.0201
3	0.25	1.1	1.12	1.16	1.13	1.2769
4	0.30	1.2	1.25	1.21	1.22	1.4884
5	0.35	1.4	1.42	1.37	1.40	1.9600

Таблица 2.

N	g	$(g_n - \langle g \rangle)^2$
1	9,723471	2,855009
2	7,732262	0,090922
3	7,721513	0,09752
4	7,949153	0,007164
5	7,042571	0,982523
ср. значение	8,033794	

Эмпирическая дисперсия: $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (g_n - \langle g \rangle)^2 \approx 1,008284$,

Среднеквадратичное отклонение: $\delta = \sqrt{S^2} = 1,004134$,

Доверительный интервал: $\Delta g = \delta \cdot t = 2,078557$, где $t = 2,07$ - коэффициент Стьюдента.

Среднее значение ускорения $g = 8,033 \pm 2.079$. Табличное значение

$g = 9,8$ входит в этот интервал.

Значит, полученный результат можно считать достоверным, с учетом случайных ошибок в измерениях.

С помощью табличного процессора MS Excel можно произвести эти вычисления, используя мастер функций, т.к. в его библиотеке имеются функции вычисления дисперсии, среднеквадратичного отклонения и доверительного интервала. Для этого необходимо:

1. ввести исходные данные в ячейки таблицы;
2. поставить курсор на пустое поле таблицы;
3. Командой **Вставить – Функция** вызвать Мастера функций;
4. в открывшемся окне выбрать категорию «Статистические», функцию «СТАНДОТКЛОН»;
5. в окне «Аргументы функции» указать ячейки, в которых находятся элементы выборки нажать «ОК», в пустой ячейке появится значение СТАНДАРТНОГО ОТКЛОНЕНИЯ;

6. повторить п.2,3, и в открывшемся окне выбрать категорию «Статистические», функцию «ДОВЕРИТ»;

7. в окне «Аргументы функции» ввести $\alpha=0,95$ (уровень значимости), величину стандартного отклонения и количество опытов нажать «ОК», в пустой ячейке появится значение доверительного интервала.

Таким образом, применение табличного процессора MS Excel при обработке и анализе экспериментальных данных позволяет научить юного экспериментатора правильно обрабатывать данные опыта и оценивать их достоверность с помощью статистических функций. Несомненно, такой подход к выполнению лабораторных работ улучшит качество усвоения теоретического материала и привьет учащимся навыки экспериментаторской работы

В заключение автор благодарит преподавателя информатики МОУ «Лицей физики, математики и информатики №40» при Ульяновском государственном университете Гончар Л.И., к.ф.-м.н., доцента УлГУ за активную помощь и участие во внедрении идей автора в использовании компьютерных технологий на уроках физического лабораторного практикума.

П Р И Л О Ж Е Н И Я

Лабораторная работа 15.

Измерение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода.

Выполнила: Амбросевич Юлия, 11 класс В, шк. 40.

Цель работы: исследование зависимости сил прямого тока от приложенных к нему напряжений и построить график этой зависимости.

Оборудование:

1. Диод полупроводниковый на колодке.
2. Выпрямитель селеновый ВС-4-12.
3. Миллиамперметр постоянного тока М45М.
4. Вольтметр постоянного тока М45М.
5. Реостат ползунковый РПШ-2.
6. Ключ замыкания тока.
7. Комплект проводов соединительных.

Теоретический материал.

Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода описывается зависимостью

$$I = I_0 \cdot (\exp(\frac{qU}{nkT}) - 1), \quad (1)$$

Прологарифмируем (1):

$$\ln I = \ln I_0 + \ln[\exp(\frac{qU}{nkT}) - 1]$$

При достаточно больших величинах U , вычитаемой единицей можно пренебречь.

$$\ln I = \ln I_0 + \frac{qU}{nkT}$$

Эксперимент

№	U, В	I, mA
1	0,4	0,18
2	0,45	0,92
3	0,5	1,8
4	0,575	4,85
5	0,6	7
6	0,65	15
7	0,7	25

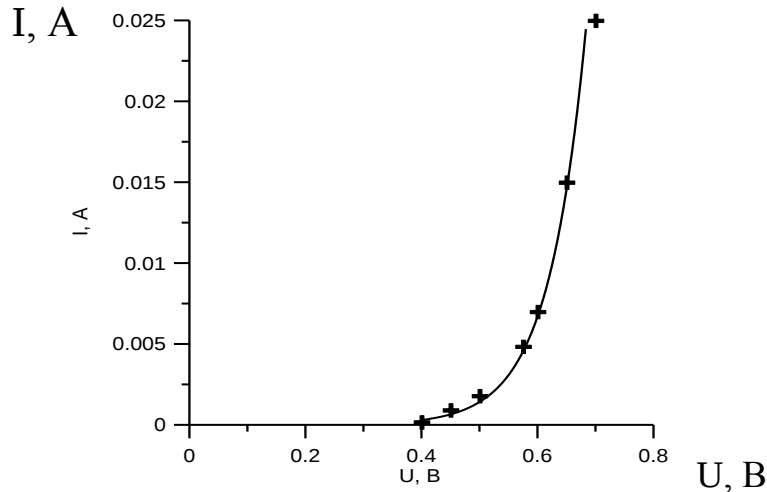


Рис.1. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.

Как видно из графика 1, зависимость $I(U)$ действительно является экспоненциальной. Для большей информативности перестроим график 1 в координатах $\lg(I) = f(U)$ с помощью Golden Software Grapher 2.0. При этом шкала Y показывает значения $\lg(I)$

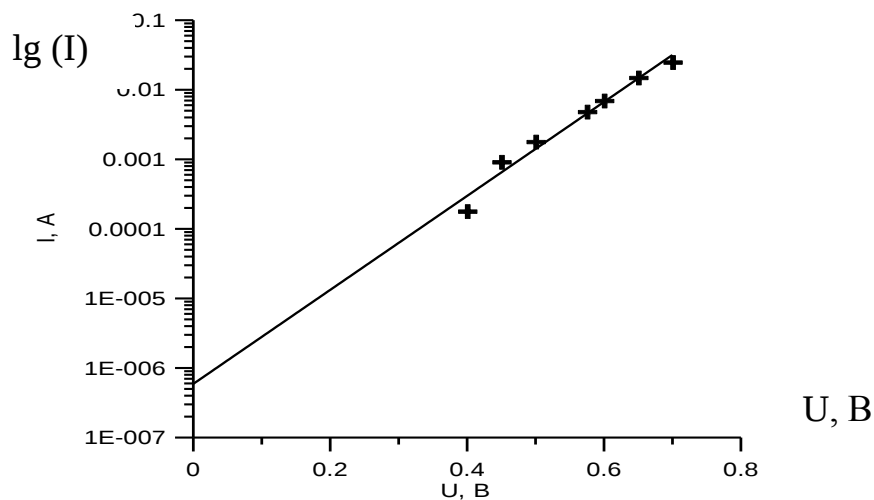


Рис.2. Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода в полулוגарифмическом масштабе.

Результаты обработки в Golden Software Grapher 2.0

Equation $\ln(Y) = 15.55440848 * X - 14.34088547$

Alternate $Y = \exp(15.55440848 * X) * 5.913336229E-007$

Number of data points used = 7

Average X = 0.553571

Average $\ln(Y) = -5.73041$

Residual sum of squares = 0.499029

Regression sum of squares = 17.0654

Coef of determination, R-squared = 0.971589
Residual mean square, sigma-hat-sq'd = 0.0998057

Расчёт параметров полупроводникового диода

1. Расчёт тока насыщения I_0

$$\ln I = \ln I_0 + \frac{qU}{nkT}$$
$$\ln(Y) = 15.55440848 * X - 14.34088547$$

$$\ln(I_0) = -14.34088547$$

$$I_0 = 5.91 \cdot 10^{-7} \text{ A}$$

2. Расчёт коэффициента неидеальности диода n

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$
$$T = 293 \text{ К}$$
$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$\frac{q}{nkT} = 15.5544$$

$$n = \frac{q}{15.55 \cdot kT} = \frac{1.602 \cdot 10^{-19}}{15.55 \cdot 1.38 \cdot 10^{-23} \cdot 293} \approx 2.55$$

Выводы:

1. Научились использовать приборы для измерения электрического тока и напряжения.
2. Измерили вольт-амперную характеристику полупроводникового диода.
3. Убедились в экспоненциальной зависимости тока в полупроводниковом диоде от приложенного напряжения.
4. Рассчитали параметры полупроводникового диода.

Лабораторная работа 3.

Исследование вакуумного диода.

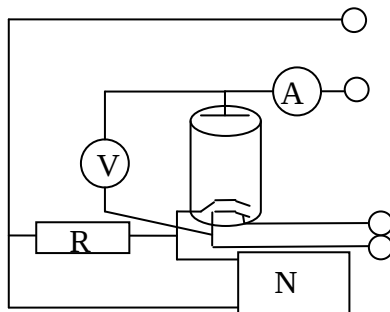
Выполнила: Амброзевич Юлия, 11 класс В, шк. 40.

Цель работы:

- 1) Исследовать зависимость тока вакуумного диода от напряжения на аноде при различных температурах катода.
- 2) Определить работу выхода электрона из катода.

Ход работы:

Схема экспериментальной установки



Исследование вольт-амперной характеристики диода

Таблица 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U, В	10	20	50	100	110	120	140	170	200	225
I, мА	1	2	3	13	15	18	23	32	42	52

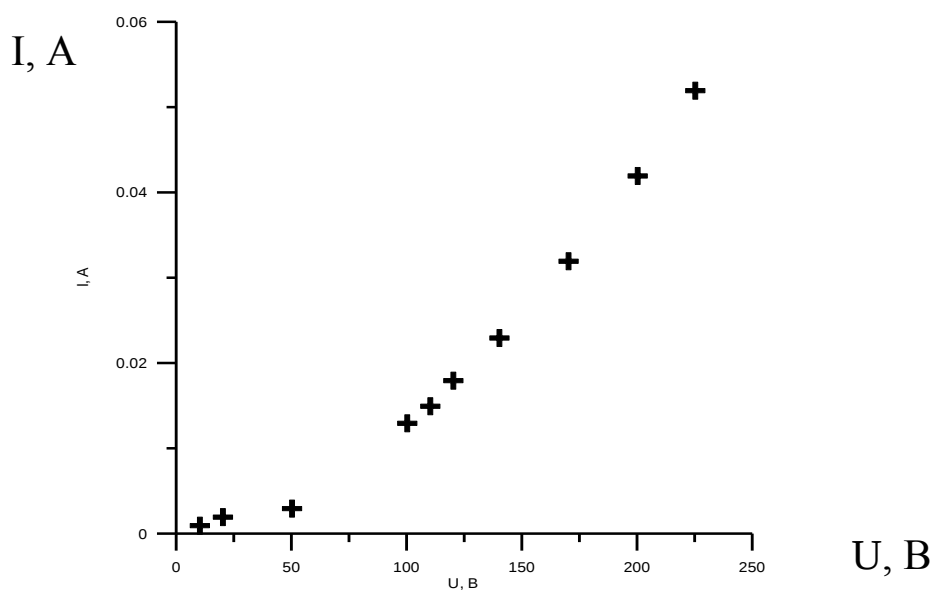


Рис.1. Вольт-амперная характеристика диода

Для определения работы выхода электрона из катода перестроим ВАХ диода в координатах $I=f(U^{3/2})$.

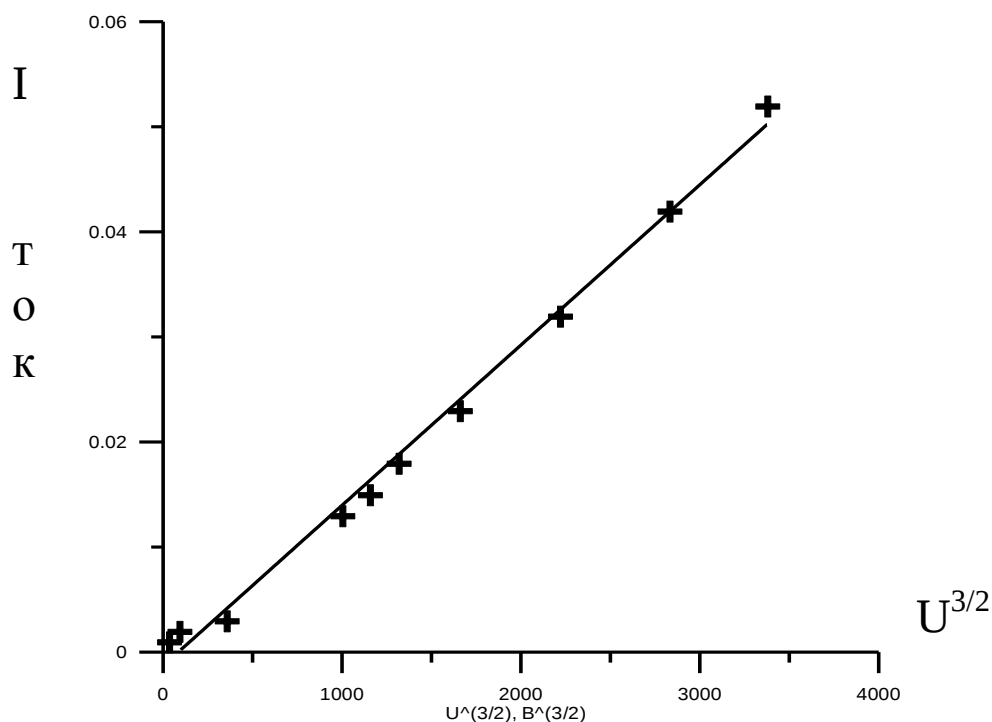


Рис.2.

$$Y=I; X=U^{3/2}$$

$$Y = 1.525671334E-005 * X - 0.001288845718$$

Number of data points used = 10

Average X = 1401.93

Average Y = 0.0201

Residual sum of squares = 1.59312E-005

Regression sum of squares = 0.00269697

Coef of determination, R-squared = 0.994128

Residual mean square, sigma-hat-sq'd = 1.9914E-006

Когда ток равен нулю, напряжение $U^{3/2} \approx 1.3 \cdot 10^{-3}$ В, следовательно,

$$U \approx 12 \cdot 10^{-3} \text{ В}$$

$$A_{\text{вых}} = qU = 12 \cdot 10^{-3} \text{ эВ}$$

Вывод:

1. Ток в цепи с подключённым диодом зависит от эмиссии электронов с катода диода, если увеличивать напряжение на катоде и его нагревать, ток будет увеличиваться. Если температура катода не изменяется, то ток будет соответствовать закону "Трёх вторых" $I \sim U^{3/2}$.
2. Работа выхода электронов приблизительно равна 0,012 эВ

Отчет по лабораторной работе

Исследование свойств ферромагнетиков

Выполнили: Подъячева Т.,
Мартынова М.,
Краснощекова К

Цель работы: исследовать гистерезисные свойства ферромагнетика, зависимость магнитной проницаемости от величины индукции внешнего магнитного поля

Оборудование: трансформатор на ферромагнитном сердечнике, смонтированный на макетной плате, источник переменного тока, осциллограф электронный, комплект соединительных проводов.

Теория

Вещества, которые значительно усиливают магнитное поле (в десятки тысяч раз), называют ферромагнетиками. Относительная магнитная проницаемость, μ равна:

$$\mu = \frac{B}{B_0} ,$$

B -индукция магнитного поля, B_0 -индукция магнитного поля в вакууме. При действии на ферромагнетик магнитного поля индукция изменяется в соответствии с кривой, которая называется петлей гистерезиса.

Таблица 1.

Bo1	0	2	2,9	3,5	3,8	4,2	4,9	5,6	6,7
Bo2	0	1,9	3	3,7	3,9	4,25	4,95	5,65	6,6
Bo3	0	2,1	3,10	3,6	3,85	4,3	4,8	5,7	6,5
<Bo>	0	2	3	3,6	3,85	4,25	4,883333	5,65	6,6

Bo1	7,7	9	11,5	13,1	14,7	17,2	19,9	24,5
Bo2	7,55	8,8	11,3	13,2	14,8	17,3	20	24,55
Bo3	7,6	8,9	11,4	13	14,9	17,4	20,1	24,6
<Bo>	7,616667	8,9	11,4	13,1	14,8	17,3	20	24,55

B1	0	0,65	0,95	1,3	1,45	1,65	2,3	2,9	3,95
B2	0	0,6	1,1	1,27	1,42	1,75	2,2	2,95	4
B3	0	0,7	1,05	1,35	1,5	1,7	2,1	3	4,05
	0	0,65	1,033333	1,030667	1,456667	1,7	2,2	2,95	4

B1	4,9	5,95	7,6	8,5	9,3	10,1	10,8	12,1
B2	4,95	5,85	7,4	8,3	9,1	10	10,85	11,9
B3	5	5,9	7,5	8,4	9,2	10,05	10,9	12
	4,95	5,9	7,5	8,4	9,2	10,05	10,85	12

Выполним статистическую обработку экспериментальных данных.

Эмпирическая дисперсия: $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (B_n - \langle B \rangle)^2 \approx 0,009887$.

Среднеквадратичное отклонение: $\delta = \sqrt{S^2} = 0,099436$

Доверительный интервал: $\Delta B = \delta \cdot t = 0,20583252$, где $t = 2,07$ - коэффициент Стьюдента.

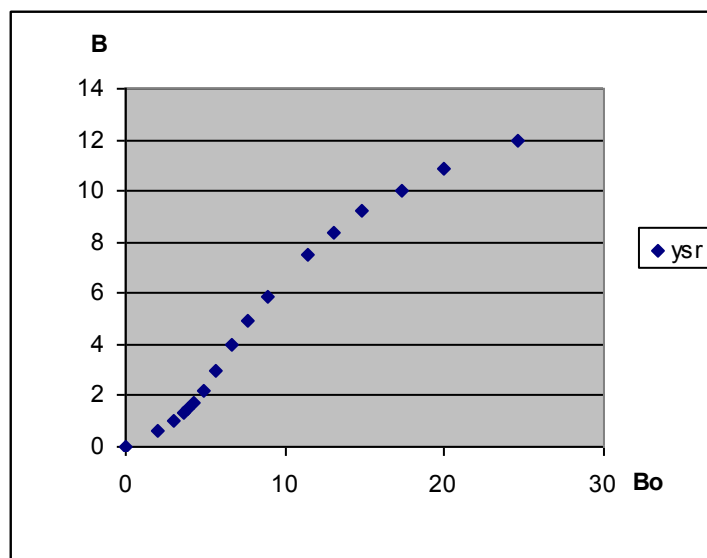


Рис.1. График зависимости $B(B_0)$

Таблица 2.

B_0	0	2	3	3,1	3,85	4,2,8	4,88	5,65	6,6	7,617	8,9	11,4
μ		0,32	0,34	0,36	0,38	0,42	0,45	0,52	0,60	0,649	0,66	0,65
		5	4	3			0,581	2	0,5425	0,4888	3	8

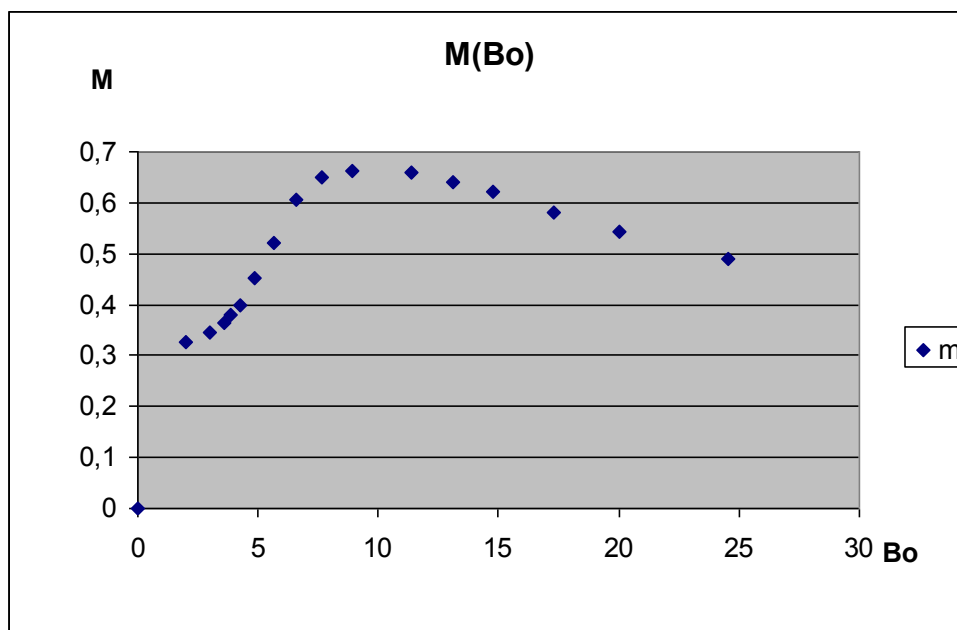


Рис.2.График зависимости магнитной проницаемости от индукции магнитного поля.

Выводы:

- 1.В ходе эксперимента получены значения индукции магнитного поля ферромагнетика с достоверностью $\Delta B = 0,20583252$.
- 2.Полученные значения можно считать достоверными в пределах погрешностей.
- 3.По графику $B(B_0)$ построена зависимость магнитной проницаемости от индукции магнитного поля, которая имеет максимум. Это объясняется тем, что тангенс угла наклона прямой, проведённой из начала координат к каждой точке графика рис.1 сначала возрастает, затем уменьшается.

Исследование гармонических колебаний математического маятника

Выполнили: Подъячева Т., Мартынова М.

Цель работы: Исследовать гармонические колебания математического маятника.

Оборудование: математический маятник – стальной шарик массой m , висающий на длинной нити, секундомер, линейка или сантиметровая лента.

Теория

Уравнение гармонических колебаний:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где x – смещение маятника в момент времени t ,

A – амплитуда колебания, т.е. наибольшее отклонение от положения равновесия, ω – круговая частота, $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$,

$(\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебаний, φ_0 – начальная фаза.

Период колебаний маятника равен:

$$T = 2\pi\sqrt{l/g} \quad (1)$$

$$g = (4\pi^2 l) / T^2 \quad (2)$$

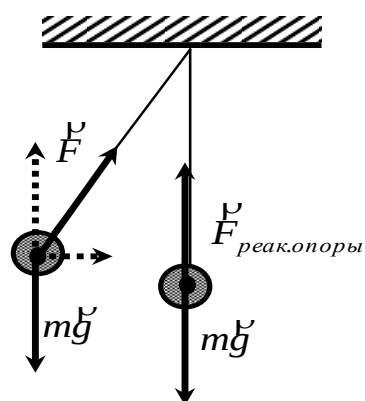


Рис. 1. Математический маятник

Таблица. Исследование зависимости периода колебаний T математического маятника от его длины.

N	l , м	T_1 , с	T_2 , с	T_3 , с	$\langle T \rangle$, с	T^2 , с ²
1	0.15	0.8	0.76	0.78	0.78	0.6084
2	0.20	1	1.05	0.98	1.01	1.0201
3	0.25	1.1	1.12	1.16	1.13	1.2769
4	0.30	1.2	1.25	1.21	1.22	1.4884
5	0.35	1.4	1.42	1.37	1.40	1.9600

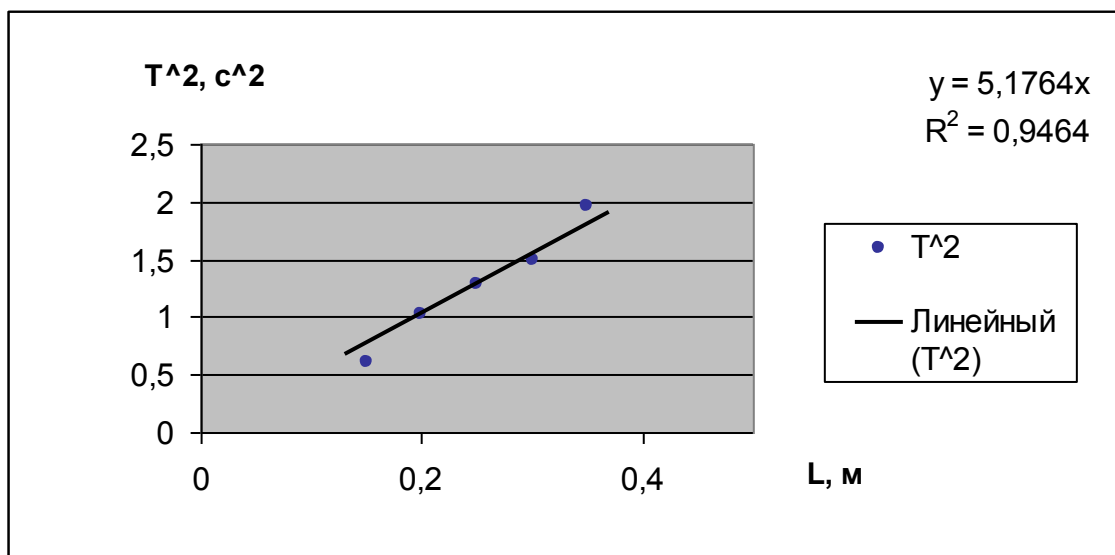


Рис. 1. График зависимости квадрата периода колебаний математического маятника от его длины

$y = 5,1764x$ - уравнение аппроксимирующей прямой.

$$T^2 = 5,1764l$$

$$g = (4\pi^2 l) / T^2 = 4\pi^2 / 5,1764 \approx 8,1 \text{ ,м/с}^2$$

Среднее значение ускорения $g = 8,033 \pm 2.079$. Табличное значение $g = 9,8$ входит в этот интервал.

Значит, полученный результат можно считать верным с учетом случайных ошибок в измерениях. Коэффициент корреляции равен 0.99109.

Вывод:

В результате обработки экспериментальных данных получили график зависимости квадрата периода колебаний математического маятника от его длины, среднее значение ускорения свободного падения с учетом случайных ошибок в измерениях. Линейная зависимость $T^2(L)$ доказывает математическую формулу (1).

Исследование собственных колебаний пружинного маятника

Выполнили: Подъячева Т., Мартынова М.

Цель работы: Исследовать собственные колебания пружинного маятника, определить среднее значение жесткости пружины.

Оборудование: набор пружин, набор грузов, штатив со шкалой, секундомер.

Теория

Уравнение гармонических колебаний пружинного маятника:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где x – смещение в момент времени t ,

A – амплитуда колебания, т.е. наибольшее отклонение от положения равновесия, ω – круговая частота; $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$,

$(\omega t + \varphi_0)$ – фаза колебаний, φ_0 – начальная фаза.

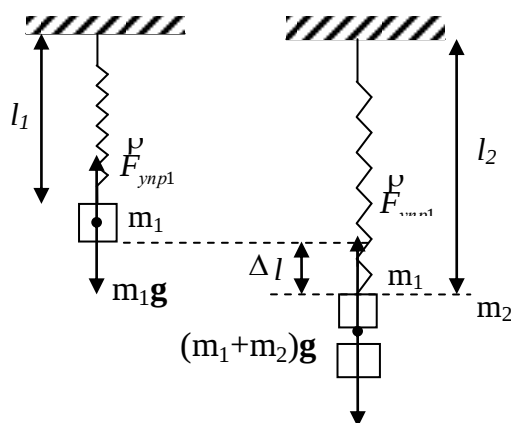


Рис.1 Пружинный маятник

Период колебаний пружинного маятника равен:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2} \quad (2)$$

Из (2) определим среднее значение коэффициента упругости k с помощью метода наименьших квадратов.

Таблица 1.

Исследование зависимости периода колебаний T пружинного маятника от его массы.

N	m, кг	T_1 , с	T_2 , с	T_3 , с	$\langle T \rangle$, с	$\langle T \rangle^2$, с ²
1	0,1	0,8	0,75	0,8	0,7833	0,6136
2	0,2	1	1,05	1,1	1,05	1,1025
3	0,3	1,2	1,25	1,3	1,25	1,5625
4	0,4	1,5	1,45	1,4	1,45	2,1025

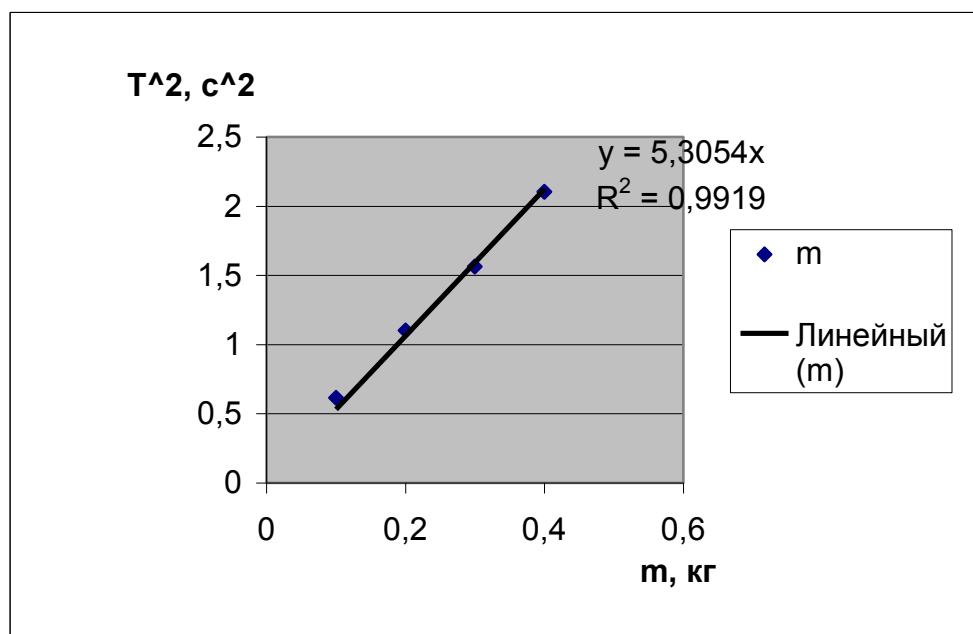


Рис.1. График зависимости квадрата периода колебаний пружинного маятника от его массы

$y = 5,3054x$ - уравнение аппроксимирующей прямой.

$$T^2 = 5,3054l,$$

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2},$$

$$k = \frac{4\pi^2}{5,3054} \approx 7,43 \text{ кг/с}^2$$

С помощью метода наименьших квадратов определили среднее значение жесткости пружины $k \approx 7,43 \text{ кг/с}^2$ с достоверностью $R^2 = 0,9919$.

Определим среднее значение k с помощью статистической обработки.

Таблица 2

N	k	$(k_n - \langle k \rangle)^2$
1	6,427263	0,543127
2	7,154358	0,0000975
3	7,572173	0,166414
4	7,503144	0,11486
ср. значение	7,164234	

Эмпирическая дисперсия: $S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (k_n - \langle k \rangle)^2 \approx 0,274833$,

Среднеквадратичное отклонение: $\delta = \sqrt{S^2} = 0,524245$,

Доверительный интервал: $\Delta k = \delta \cdot t = 1,085187$, где $t = 2,07$ - коэффициент Стьюдента.

Среднее значение жесткости пружины $k = 7,16 \pm 1,08$.

Вывод:

1. Изучены собственные колебания пружинного маятника. Построив график, мы определили характер зависимости периода колебаний пружинного маятника от массы груза. Линейность зависимости квадрата периода колебаний пружинного маятника от его массы доказывает справедливость формулы (1).

2. В результате обработки экспериментальных данных было получено среднее значение жесткости пружины k с помощью метода наименьших квадратов $k \approx 7,43 \text{ кг/с}^2$ с достоверностью $R^2 = 0,9919$.

3. С помощью статистической обработки было получено среднее значение жесткости пружины $k = 7,16 \pm 1,08$.

4. Полученные значения можно считать достоверными в пределах погрешностей.

Отчет по лабораторной работе.

Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников.

Выполнили: Подъячева Татьяна

Краснощекова Кристина

Цель работы:

1. Изучить физические и электрические свойства полупроводников.
2. Исследовать температурную зависимость терморезистора.
3. Определить энергию активации терморезистора.

Оборудование: термистор в пробирке, мост постоянного тока, термометр, электроплитка, стакан с водой, аккумулятор для питания моста.

Теория

Прологарифмировав зависимость $R(T)$ (рис.1), получим:

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{E}{2kT}$$

где $k = 8.6 \cdot 10^{-5}$, эВ/К.

Из линейного графика $\ln R = 1/T$ (рис.2) следует:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} = \frac{E}{2k}$$

Найдём энергию активации терморезистора: $E = \operatorname{tg} \alpha \cdot 2k$,

$$E = \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \cdot 2k = 0,07 \text{ эВ.}$$

Таблица 1

t	310	315	320	326	332	339	345
R	1800	1600	1500	1400	1300	1200	1100

Таблица 2

1/T	0,003226	0,003175	0,003125	0,003067	0,003012	0,00295	0,002899
ln R	3,26	3,2	3,18	3,15	3,11	3,08	3,04

Рис.1. График зависимости сопротивления полупроводника от температуры.

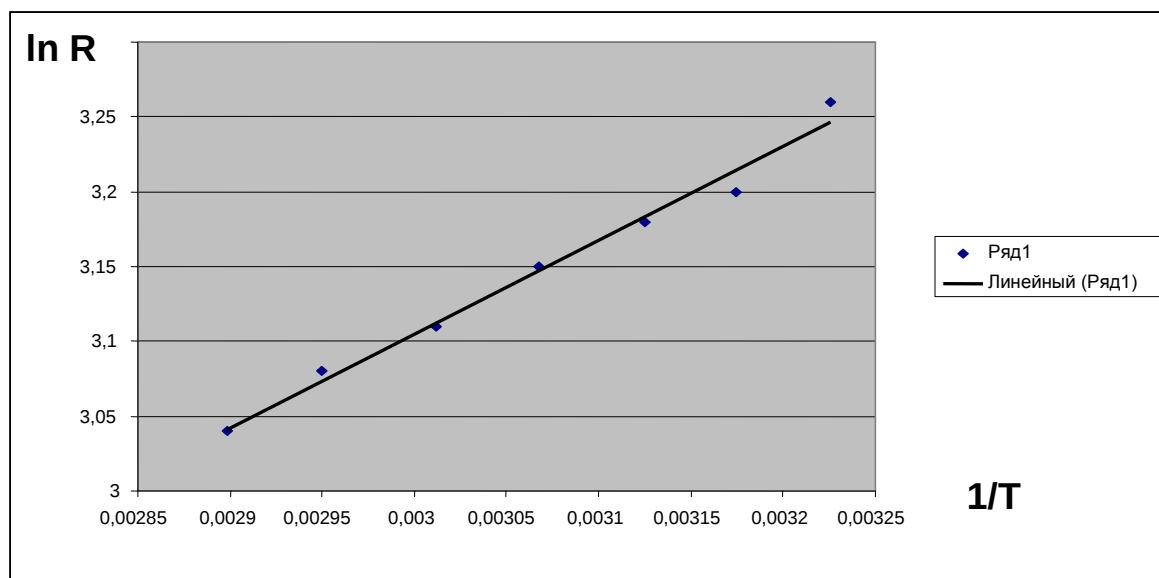
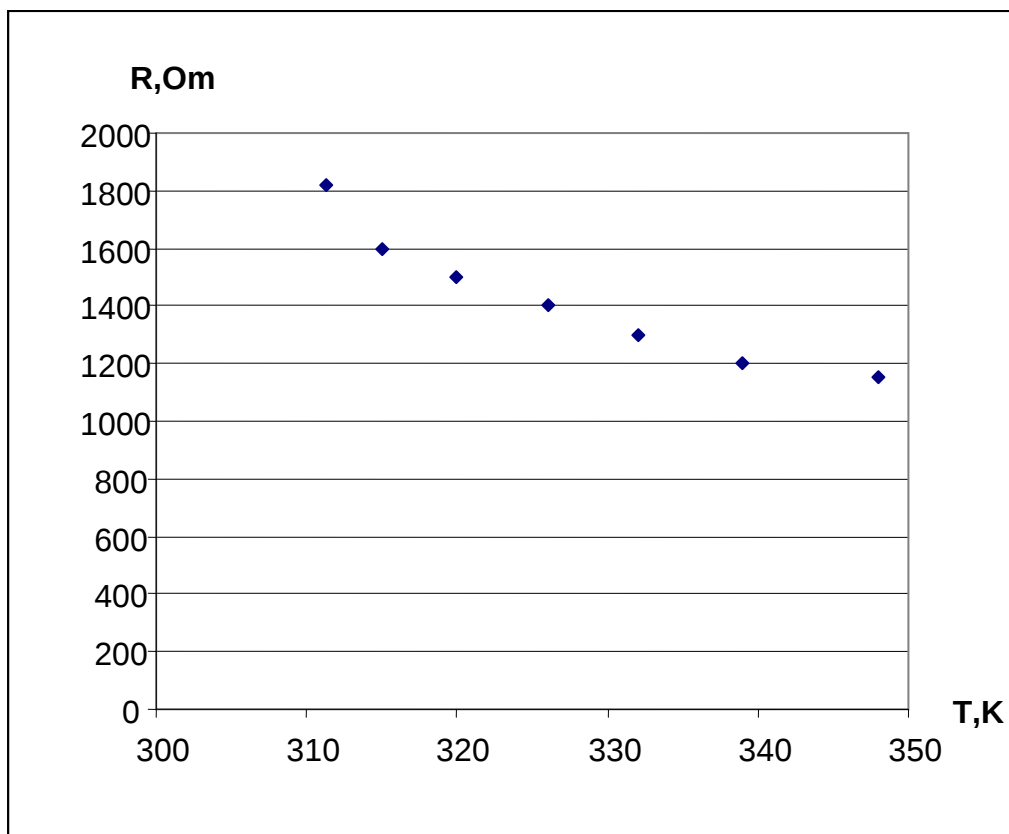


Рис. 2. График зависимости $\ln R = 1/T$

Вывод:

1. Изучили физические и электрические свойства полупроводников.
2. Сопротивление проводника имеет экспоненциальную зависимость от температуры, о чём свидетельствует спрямление её в координатах $\ln R = 1/T$
3. Определили энергию активации термистора из графика: $E = 0,07$ эВ.

Отчет по лабораторной работе Изучение поляризации света

Выполнили: Подъячева Т., Краснощекова К.

Цель работы:

1. Изучить явление поляризации
2. Изучить закон Малюса для поляризованного света

Оборудование: оптическая скамья, источник света, 2 поляроида, фотоэлемент гальванометр.

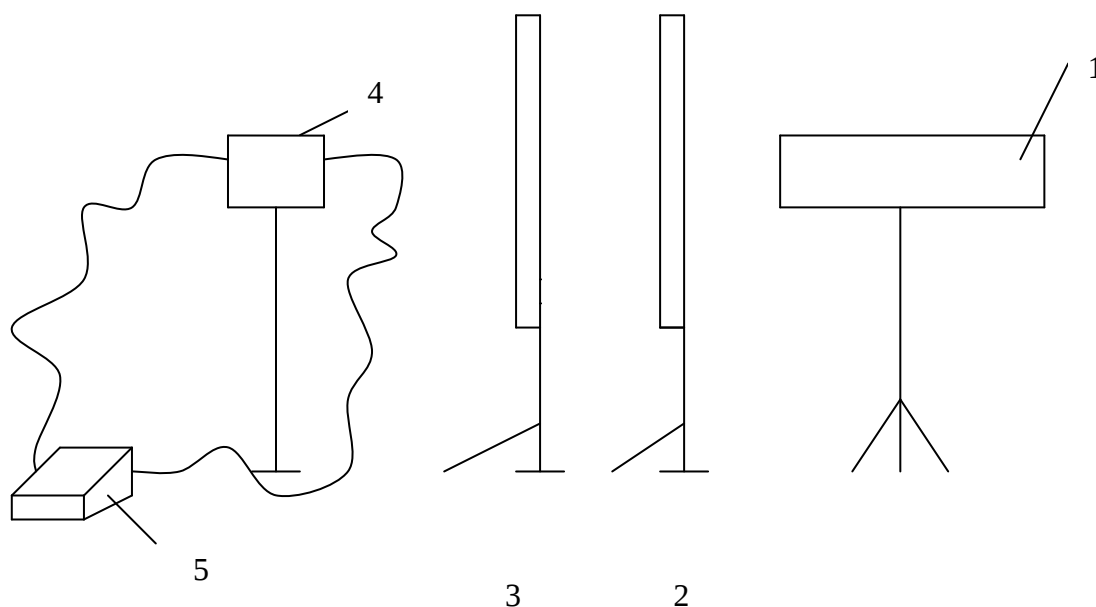
Теория.

Согласно закону Малюса интенсивность света, выходящего из анализатора, пропорциональна квадрату косинуса угла между осями поляризатора и анализатора. Закон Малюса: $I = I_0 \cos^2 \varphi$.

I_0 – интенсивность входящего в анализатор света

φ – угол между осями поляризатора и анализатора.

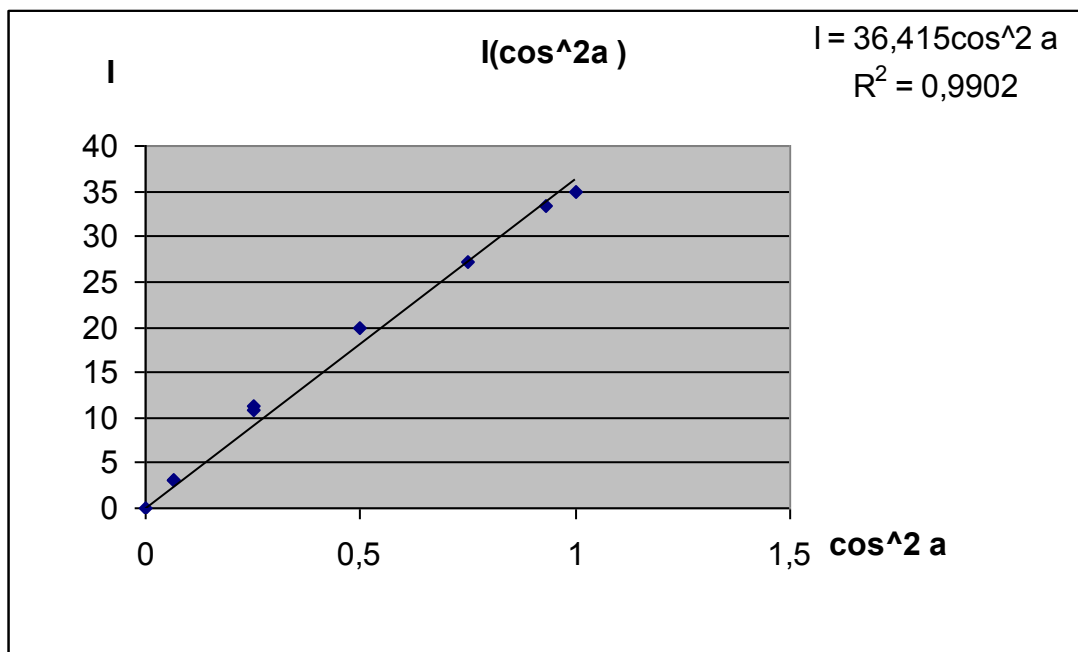
Схема установки



1 – источник света 2 – поляризатор 3 – анализатор 4 – фотоэлемент
5 – амперметр.

Таблица

φ^0	0	15	60	75	90	105	120	135	150
$\langle I \rangle, \text{мА}$	35	33,43	1,18	3,12	0	3,1	193	20	27,25
$\cos^2 \varphi$	1	0,93	0,25	0,06	0	0,06	0,25	0,5	0,75



Вывод:

1. В ходе обработке экспериментальных данных мы проверили истинность закона Малюса: зависимость интенсивности света выходящего из анализатора от квадрата косинуса угла между осями поляризатора и анализатора – линейная.
2. Был получен коэффициент пропорциональности закона Малюса, равный 36,415 с достоверностью 0,9902.

1. Гурина Р.В. Формирование исследовательской культуры учащихся при выполнении физпрактикума // Физика в школе. – 2005. – № 8. – С. 44–45.
2. Гурина Р.В. Исследовательские лабораторные работы с использованием компьютера // Физика в системе современного образования (ФССО-07): Материалы IX Международной конф. г. Санкт-Петербург, 4-8 июня 2007 г. – Т.2. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2007. – С. 229–231.
3. Гурина Р.В., Гончар Л.И. Применение пакета Excel при оформлении лабораторных работ по физике // Преподавание физики в высшей школе. – 2006. – № 32. – М.: МПГУ Международная академия наук педагогического образования. – С. 72–75.

ЫЫЫЫЫЫЫЫЫЫЫЫЫЫЫЫ