

*Порохова Ирина Алексеевна,  
Порохов Денис Александрович*

## ЦИФРОВАЯ ЛАБОРАТОРИЯ «АРХИМЕД» НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Цифровые лаборатории «Архимед», предоставляемые в образовательные учреждения в последние годы, являются мощным и привлекательным инструментом обучения. Современный внешний вид датчиков и полупрофессиональный интерфейс программного обеспечения способствуют повышению заинтересованности и мотивации учеников к работе с современной техникой и, как следствие, изучению предметов естественнонаучного цикла. Использование этого оборудования способствует формированию экспериментальных, исследовательских, коммуникативных навыков, развитию самостоятельности в познавательной деятельности и достижению современного технического и педагогического уровня в естественнонаучном образовании.

Современная цифровая лаборатория «Архимед» – это комплексное технологическое и программное решение, предназначенное для регистрации и обработки данных эксперимента. Благодаря широкому спектру разнообразных датчиков современный демонстрационный и лабораторный эксперимент переводится на качественно новый уровень. Прежде всего, ускоряется сбор и обработка первичных данных. Во-вторых, расширяются возможности эксперимента, и достигается высокая степень наглядности и детализации. В-третьих, лаборатория обладает высокой степенью универсальности, поскольку в эксперименте можно использовать до восьми датчиков одновременно и создавать разнообразные

экспериментальные установки. Компактность и мобильность позволяют проводить измерения не только в классе, но и в «полевых условиях».

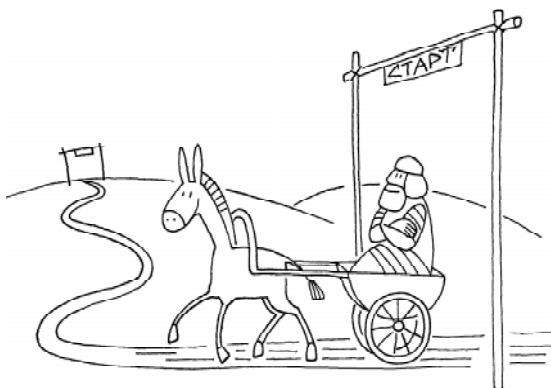
Еще раз отметим, что сами измерения выполняются быстро, это высвобождает время для проведения обработки и анализа экспериментальных данных, а также создает возможность для творчества и исследовательской деятельности учеников, позволяя варьировать параметры эксперимента. Еще одним интересным приложением является инструмент для видеоанализа, входящий в программное обеспечение Multilab, который позволяет получать данные из видеофрагментов. Можно исследовать снятые на видео реальные ситуации или использовать фрагменты передач и фильмов. Обработка видеосюжета предполагает выбор системы координат, масштаба, оцифровку траектории и последующую математическую обработку данных.

На сегодняшний день цифровая лаборатория «Архимед» воспринимается большинством учителей как оборудование для исследовательской деятельности. Видимо, это связано с тем, что систематической литературы по использованию лаборатории в учебном процессе недостаточно. В данной статье мы хотим обратить внимание читателей на возможность использования цифровой лаборатории, прежде всего, в лабораторном и демонстрационном эксперименте, в соответствии с программой курса физики.

В состав лаборатории по физике входят аналогово-цифровой преобразователь USB-Link, подключаемый к компьютеру, и следующие аналоговые датчики:

- 1) фотоворота,
- 2) датчик расстояния,
- 3) датчик ускорения,
- 4) датчик угла поворота,
- 5) датчик силы,
- 6) датчик звука,
- 7) микрофон,
- 8) датчик температуры,
- 9) датчик давления,
- 10) датчик заряда,
- 11) датчик напряжения,
- 12) датчик тока,
- 13) датчик магнитного поля,
- 14) датчик освещенности,
- 15) счетчик Гейгера.

Принципы работы датчиков подробно освещены в документации и статьях, где также приведен обзор нескольких поколений регистрационного оборудования [1]. В статье [2] приведен довольно большой перечень работ, которые возможно поставить с рассматриваемым оборудованием. В обучающем пособии [3] на примере ряда работ раскрыты возможности программного обеспечения Multilab. Около сотни работ по механике и электродинамике собраны на диске [4], при этом к каждой работе дается подробное описание, схема и порядок выполнения работы. Несмотря на изобилие представленных работ, все же наиболее освещены в литературе и в цифровой базе [4] дат-



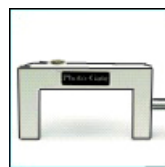
*...измеряют скорость при прохождении одних и вторых фотоворот, размещенных на некотором расстоянии друг от друга.*

чики напряжения, тока, расстояния и силы. Складывается ошибочное представление об избыточности оборудования и ненужности остальных датчиков.

Здесь мы рассмотрим демонстрационные и лабораторные опыты по физике, сгруппированные по датчикам, применяемым в этих экспериментах, с кратким описанием постановки опытов. Важной особенностью данной статьи является то, что опыты и их описания приведены для всех пятнадцати датчиков.

## ОПИСАНИЕ ДАТЧИКОВ И ОПЫТОВ

### 1. ФОТОВОРОТА



Датчик предназначен для измерения времени прохождения предметов через створ фотоворота. Время нарастания/затухания сигнала: 180 нс. Мастер синхронизации позволяет проводить измерения с помощью одних или двух фотоворот одновременно и вычислять скорость и ускорение.

*Список опытов:*

#### 1.1. Понятие равномерного движения.

На тележку устанавливают два маркера и измеряют скорость при прохождении одних и вторых фотоворот, размещенных на некотором расстоянии друг от друга.

#### 1.2. Измерение ускорения свободного падения.

Ускорение можно оценить тремя способами: из измерений расстояния, скорости или ускорения.

#### 1.3. Измерение скорости вращающегося объекта.

Скорость можно определить из длины окружности и измеренного периода прохождения тела через створ фотоворота.

#### 1.4. Измерение скорости тела до и после столкновения.

Фотоворота используются для измерения скоростей тележки до и после столкновения с последующим вычислением изменений импульса и кинетической энергии.

#### 1.5. Сила и импульс.

Тележка сталкивается с датчиком силы, и изменение импульса тележки сравнивает-

ся с импульсом силы. Импульс силы находится интегрированием силы, измеряемой датчиком силы, по времени. Фотоворота используются для измерения скоростей тележки до и после столкновения.

#### 1.6. Закон сохранения импульса.

Фотоворота устанавливают на рельсе на небольшом расстоянии от препятствия, так чтобы фиксировать скорость тележки с маркерами до и после ее упругого столкновения с препятствием.

#### 1.7. Исследование колебаний маятника.

В опыте можно варьировать три параметра: амплитуду, длину маятника и массу.

## 2. ДАТЧИК РАССТОЯНИЯ



Датчик расстояния позволяет измерять расстояние в диапазоне от 40 см до 10 м. Датчик является ультразвуковым эхолотом. Частота опроса датчика – не более 50 замеров в секунду.

#### Список опытов:

2.1. Понятия графика движения и уравнения движения.

Регистрируя движение какого-либо объекта, получают график его движения и обсуждают такие вопросы, как равномерное и неравномерное движение, путь и перемещение, средняя и мгновенная скорости. Аппроксимируют график движения прямой или параболой, получают уравнение движения.

2.2. Исследование относительности движения.

Две наклонные плоскости располагают склонами друг к другу. В первом опыте наверху одной плоскости устанавливают тележку с датчиком, а сверху другой наклонной плоскости запускают тележку с экраном, регистрируют ее скорость. Во втором опыте тележку с экраном удерживают вверху, а тележка с датчиком скатывается, и регистрируют скорость тележки с датчиком. В третьем опыте запускают обе тележки, регистрируют относительную скорость и убеждаются в том, что она равна сумме скоростей из предыдущих опытов.

2.3. Движение тела по наклонной плоскости.

На наклонной плоскости устанавливают датчик расстояния, записывают график движения тележки с флажком и определяют скорость и ускорение при движении вверх и вниз. Дополнительно проводят исследование зависимости ускорения от угла наклонной плоскости.

2.4. Фазовые соотношения между смещением, скоростью и ускорением движения груза математического маятника.

На длинной нити подвешивают объемное тело и регистрируют колебания маятника. Аппроксимируя полученные кривые синусоидой и дифференцируя, получают графики смещения, скорости и ускорения, сдвинутые друг относительно друга.

2.5. Измерение ускорения свободного падения.

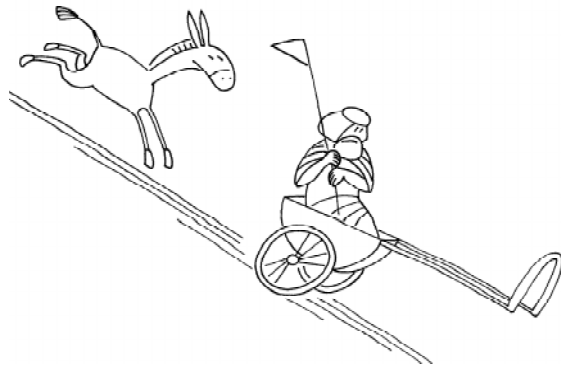
Датчик расстояния устанавливают горизонтально, записывают график движения падающего тела и определяют ускорение.

2.6. Исследование колебаний пружинного маятника.

Исследуют зависимость периода малых колебаний пружинного маятника от массы груза.

2.7. Определение коэффициента сопротивления движению воздуха.

К воздушному шару привязывают груз такой массы, чтобы он спускался вниз равномерно. Зная массу шара с грузом и регистрируя скорость падения, можно найти силу сопротивления и коэффициент сопротивления.



На наклонной плоскости устанавливают датчик расстояния, записывают график движения тележки с флажком и определяют скорость и ускорение.

2.8. Работа и энергия. Закон сохранения энергии.

Датчик расстояния устанавливают горизонтально, записывают график движения падающего тела и определяют скорости в начале и конце пути. Сравнивают работу силы тяжести с изменением кинетической энергии падающего тела.

### 3. ДАТЧИК УСКОРЕНИЯ



Диапазон измерения датчика составляет  $\pm 5g$ , где  $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ . В состоянии покоя датчик показывает  $1g$ , если направлен вниз,  $-1g$ , если смотрит вверх, и  $0$ , если расположен горизонтально.

*Список опытов:*

3.1. Измерение ускорения свободного падения.

Вращая датчик в вертикальной плоскости, измеряют ускорение. Датчик может измерять ускорение как в единицах  $g$ , так и в  $\text{м/с}^2$ .

3.2. Измерение ускорения движущегося тела.

Датчик ускорения закрепляют в горизонтальном положении и регистрируют ускорение тела. Можно сравнить с результатами, полученными при измерении ускорения датчиком расстояния.

3.3. Измерение ускорения тела, движущегося по наклонной плоскости.

Датчик устанавливают на тележку, движущуюся по наклонной плоскости без трения. Измеряют ускорение в состоянии покоя и в движении и сравнивают с расчетами.

3.4. Изучение законов Ньютона.

Тележку с разными грузами и установленным горизонтально датчиком ускорения приводят в движение пружинным пистолетом или электрическим стартером. Устанавливают зависимость ускорения от массы груза.

3.5. Изучение центростремительного ускорения вращающейся платформы.

Датчик ускорения и датчик угла поворота закрепляют горизонтально на вращающейся платформе. При замедлении вращения вследствие торможения получают пара-

болическую зависимость центростремительного ускорения от угловой скорости.

### 4. ДАТЧИК УГЛА ПОВОРОТА



Датчик измеряет угловые отклонения от заданного направления. Может измерять угол поворота в градусах и радианах, угловую скорость и угловое ускорение, а также расстояние, скорость и ускорение для шкива наибольшего радиуса.

*Список опытов:*

4.1. Изучение вращательного движения.

Стержень с закрепленными на нем массивными кольцами устанавливают на датчик угла поворота и приводят во вращение в горизонтальной плоскости. Измеряют угол поворота, угловую и линейную скорости, устанавливают их взаимосвязи.

4.2. Изучение колебательного движения.

Стержень с закрепленными на нем массивными кольцами устанавливают на датчик угла поворота и приводят в колебательное движение в вертикальной плоскости. Измеряют угол поворота и угловую скорость, определяют период, анализируют сдвиг фаз.

4.3. Физический маятник.

Изучают колебания стержня с грузами в вертикальной плоскости. Измеряют зависимости периода колебаний от амплитуды и от массы груза.

### 5. ДАТЧИК СИЛЫ



Датчик силы позволяет измерять силу в двух диапазонах: от  $-10$  до  $+10 \text{ Н}$  и от  $-50$  до  $+50 \text{ Н}$ .

*Список опытов:*

5.1. Исследование колебаний пружинного маятника.

Груз на пружине прикрепляют к датчику силы и регистрируют силу упругости. Можно определить период колебаний или, пересчитав силу в координату, проанализировать зависимости смещения, скорости и ускорения от времени.

5.2. Исследование зависимости силы тяжести от массы тела.

Датчик силы применяют в различных опытах для определения массы тела, обращая внимание на различие понятий веса тела и силы тяжести.

5.3. Исследование силы трения. Определение коэффициента трения.

В опыте груз равномерно тянут по горизонтальной поверхности или вверх по наклонной плоскости, измеряют силу трения и силу тяжести и рассматривают динамику системы.

5.4. Исследование зависимости удлинения пружины от приложенной силы.

В опыте изучают закон Гука и выполняют калибровку динамометра.

5.5. Сила и импульс. Проверка второго закона Ньютона в терминах импульсов.

Тележка сталкивается с датчиком силы, и изменение импульса сравнивается с импульсом силы. Импульс силы находят интегрированием измеряемой датчиком силы по времени. Фотовороты используют для измерения скоростей тележки до и после столкновения.

5.6. Демонстрация третьего закон Ньютона.

Два датчика силы с нитью, натянутой между ними, закрепляют на тележках. Толкают одну или обе тележки и регистрируют показания датчиков. Опыт повторяют, увеличив массу одной из тележек.

## 6. ДАТЧИК ЗВУКА



Датчик измеряет величину звукового шума в диапазоне от 45 до 110 Дб. Рабочий диапазон частот от 31.5 до 8000 Гц. Можно проводить до 10000 замеров в секунду.

*Список опытов:*

6.1. Измерение уровня звука.

Проводят измерения уровня звука от различных источников, сопоставляют интенсивность звука с регистрируемым уровнем шума.

6.2. Исследование шума в окружающей среде.

Проводят измерения уровня звука в одном и том же помещении при разных условиях или в разных помещениях при заданных условиях.

6.3. Исследование зависимости интенсивности звука от расстояния.

Источник звука помещают в непосредственной близости от датчика и в 5–10 точках на разных расстояниях. Полученную зависимость аппроксимируют экспонентой.

6.4. Исследование поглощения звука.

Помещая источник звука в ту или иную изолирующую камеру и измеряя сигналы, исследуют поглощающие свойства материалов.

## 7. МИКРОФОН



Напряжение на выходе датчика равно  $\pm 2.5$  В. Рабочий диапазон частот от 35 до 10000 Гц.

*Список опытов:*

7.1. Измерение скорости звука.

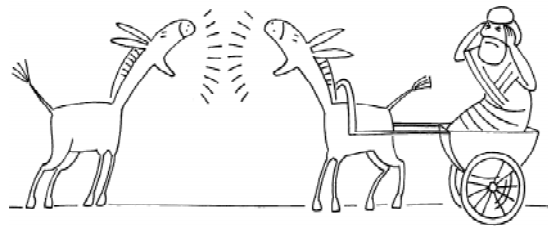
Измеряют время прохождения резкого звукового сигнала между двумя микрофонами, установленными на известном расстоянии друг от друга.

7.2. Изучение эффекта Доплера.

На тележке закрепляют источник звука. Датчик микрофона располагают на расстоянии метра от тележки. Регистрируют изменение частоты сигнала при равномерном движении тележки к датчику микрофона и от него.

7.3. Изучение звуковых биений.

Микрофонный датчик располагают на середине расстояния между двумя камертонами. Меняя расстояние между звучащими камертонами, находят положение, при кото-



*Измерение уровня звука.*

ром звук имеет максимальную силу, и записывают сигнал микрофона.

7.4. Сравнение формы звуковой волны от разных музыкальных инструментов.

Регистрируют с высоким разрешением звуковые колебания камертона, струны, ноты гармошки, определяют частоту и форму колебаний.

7.5. Исследование изменения свойств волны при разных амплитудах и частотах.

Регистрируют с высоким разрешением звуковые колебания струны разных частот и амплитуд. Отслеживают изменение формы колебаний и частоты.

## 8. ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРЫ



Датчики температуры выпускаются в трех модификациях, позволяющих измерять температуру в диапазонах от  $-20$  до  $110$  °С, от  $-200$  до  $400$  °С, от  $0$  до

$1200$  °С.

*Список опытов:*

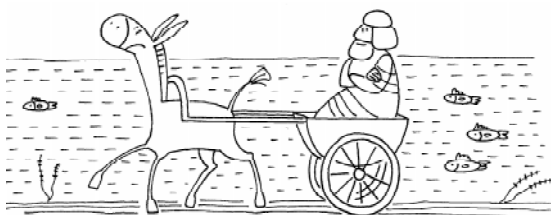
8.1. Измерение температуры вещества.

Примеры объектов исследования: температура пламени свечи; изменение температуры жидкости при испарении; температура олова при механическом ударе.

8.2. Измерение удельной теплоемкости вещества.

Удельную теплоемкость вещества определяют из измерений температур холодной воды, горячей воды, в которой было нагрето тело, и установившейся температуры при охлаждении горячего тела в холодной воде. Расчет теплоемкости производится из баланса тепла.

8.3. Графики плавления и кристаллизации.



*Измерение уровня воды.*

Получают диаграмму нагревания и плавления, а также охлаждения и кристаллизации олова.

8.4. Исследование условий замерзания и кипения воды.

Используя колбу со льдом, спиртовку и датчик температуры, можно получить кривую плавления-нагревания-кипения. Изменяя давление в колбе и добавляя соль в воду, можно продемонстрировать воздействие этих факторов на температуры кипения и плавления.

8.5. Сравнение количества теплоты при смешивании воды разной температуры.

Датчик температуры используют для определения температур холодной воды, горячей воды и их смеси. Зная массу воды, вычисляют количество теплоты, отданное горячей водой и количество теплоты, полученное холодной водой при теплообмене.

8.6. Измерение удельной теплоты плавления льда.

Удельную теплоту плавления льда рассчитывают из уравнения теплового баланса, слагаемые в котором вычисляют из измерений массы воды и льда, а также температуры воды до и сразу после таяния льда.

## 9. ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ



Датчики давления выпускаются в трех модификациях, позволяющих измерять давление в диапазонах от  $0$  до  $700$  кПа, от  $0$  до  $10$  кПа и от  $150$  до  $1150$  мбар.

*Список опытов:*

9.1. Газовые законы.

Датчик давления используют для измерения давления в шприце при изменении объема воздуха в шприце. Качественная иллюстрация закона Бойля-Мариотта.

9.2. Измерение гидростатического давления.

Прибор для измерения гидростатического давления подключают не к манометру, а к датчику давления и проводят количественные измерения.

9.3. Измерение уровня воды.

Прибор для измерения гидростатического давления подключают к датчику давления и, зная давление и плотность жидкости, вычисляют глубину погружения.

#### 10. ДАТЧИК ЗАРЯДА



Датчик имеет два диапазона измерений 0.025 мкКл и 0.25 мкКл, а также оснащен кнопкой установки нуля, предназначенной для разрядки встроенного конденсатора.

*Список опытов:*

10.1. Измерение заряда, возникающего при трении.

Различные предметы заряжают трением и измеряют заряд и его знак. Изучают скорость, с которой различные предметы теряют заряд.

10.2. Измерение индуцированного заряда.

Металлическую банку устанавливают на диэлектрическую подставку и подсоединяют к ней провод датчика. Подносят заряженный предмет к банке и регистрируют знак и величину индуцированного заряда.

10.3. Исследование проводников и диэлектриков.

Собирают простейшую электрическую цепь на батарейке и включают в цепь элементы из различных материалов (гвоздь, ластик, графит, пластмассовую скрепку). Датчик заряда подключают к центральной части этих предметов и регистрируют величину протекающего заряда от времени.

10.4. Определение заряда и емкости конденсатора.

Датчик заряда используют для определения заряда на обкладке конденсатора. Подключают датчик напряжения и находят по формуле емкость.

10.5. Исследование соотношения между зарядом и напряжением на плоском конденсаторе.

Датчики заряда и напряжения подключают к плоскому конденсатору. Плавно меняя напряжение, получают зависимость заряда на обкладках от приложенного напряжения.

#### 11. ДАТЧИК НАПРЯЖЕНИЯ



Датчики напряжения выпускаются в четырех модификациях, различающихся диапазонами измерения напряжения:  $\pm 50$  мВ, 0–5 В,  $\pm 2.5$  В,  $\pm 25$  В. Вольтметр может работать в цепях постоянного и переменного тока. Частота опроса датчика может меняться от 1 раза в час до 20 кГц, что позволяет изучать быстро протекающие процессы в электрических цепях.

*Список опытов:*

11.1. Зарядка и разрядка конденсатора.

В опыте получают график зависимости напряжения на конденсаторе при зарядке конденсатора от источника питания и при разрядке на активное сопротивление.

11.2. Вольт-амперная характеристика проволоки, лампы, диода.

В опыте регистрируют показания датчиков тока и напряжения при плавном изменении напряжения на объекте.

11.3. Изучение затухающих колебаний.

Изучение свободных затухающих колебаний в колебательном контуре включает в себя определение периода колебаний, декремента затухания и добротности контура.

11.4. Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления.

Собирают стандартную схему с источником питания, резистором, датчиками тока и напряжения, измеряют напряжение на источнике питания, а также напряжение и ток на сопротивлении, применяют закон Ома для полной цепи.

11.5. Соединение батарей.

В опыте получают значение ЭДС при последовательном и параллельном соединениях нескольких элементов питания.

11.6. Изучение закона Ома.

Собирают стандартную схему с источником питания, реостатом, датчиками тока и напряжения, измеряют зависимость напряжения от тока и применяют закон Ома для полной цепи.

11.7. Цепи с последовательным и параллельным соединением элементов.

Измеряют ток и напряжение на отдельных сопротивлениях, а также на участках цепи с последовательным и параллельным подключением элементов.

11.8. Выпрямляющее действие полупроводникового диода.

Источник переменного напряжения подключают к лампочке, напряжение на лампочке регистрируют датчиком напряжения. Регистратор показывает синусоиду, и лампочка горит с полным накалом. Между источником и нагрузкой включают диод. Датчик регистрирует только верхнюю полуволну, а лампа горит в полнакала.

11.9. Фазовые соотношения тока, напряжения и мощности в цепи переменного тока. Активная нагрузка.

Датчиком освещенности регистрируют зависимость мощности, выделяемой на активном сопротивлении, от времени. Частота колебаний освещенности (мощности тока) в два раза больше частоты колебаний напряжения или тока.

11.10. Индуктивность в цепи переменного тока.

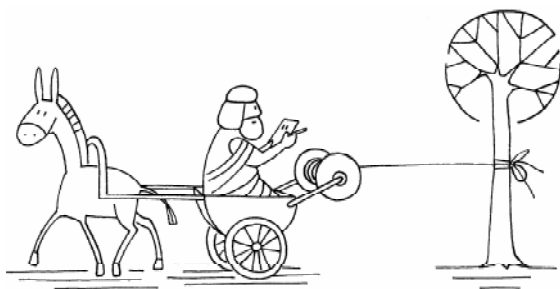
В опыте используют датчик тока и датчик напряжения. Опыт демонстрирует, что напряжение на индуктивной нагрузке опережает ток по фазе.

11.11. Конденсатор в цепи переменного тока.

В опыте используют датчик тока и датчик напряжения. Опыт демонстрирует, что напряжение на конденсаторе отстает от тока по фазе.

11.12. Фазовые соотношения в цепи переменного тока. Полная цепь.

В опыте используют датчик тока и три датчика напряжения, подключенные к рези-



Определение числа витков в катушке.

стору, конденсатору и катушке. Опыт демонстрирует наличие разности фаз напряжения на этих элементах.

11.13. Исследование колебательного контура. Опытное подтверждение формулы Томсона.

Конденсатор заряжают от источника питания и разряжают через катушку. Регистрируют затухающие колебания напряжения на катушке. Опыты с разными емкостями и катушками позволяют убедиться в справедливости формулы Томсона.

11.14. Определение числа витков в катушке.

На катушку наматывают дополнительную обмотку с известным числом витков. Измеряют напряжение переменного тока на основной и дополнительной обмотках. Из соотношения для напряжений и количеств витков для трансформаторов вычисляют число витков в катушке.

## 12. ДАТЧИК ТОКА



Датчики тока выпускают в двух модификациях для измерения силы тока в диапазонах  $\pm 2.5$  А и  $\pm 250$  мА. Максимальная частота опроса составляет 20 кГц, что позволяет изучать как стационарные, так и быстро протекающие процессы в электрических цепях.

*Список опытов:*

12.1. Вольт-амперная характеристика проволоки, лампы, диода.

В опыте регистрируют показания датчиков тока и напряжения при плавном изменении напряжения на объекте.

12.2. Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления.

Собирают стандартную схему с источником питания, резистором, датчиками тока и напряжения, измеряют напряжение на источнике питания, а также напряжение и ток на сопротивлении, применяют закон Ома для полной цепи.

12.3. Изучение закона Ома.

Собирают стандартную схему с источником питания, реостатом, датчиками тока и



напряжения, измеряют зависимость напряжения от тока и применяют закон Ома для полной цепи.

12.4. Измерение работы и мощности электрического тока.

Измеряют ток, протекающий в цепи с известным сопротивлением за определенное время. Если сопротивление неизвестно, следует использовать датчики тока и напряжения.

12.5. Цепи с последовательным и параллельным соединением элементов.

Измеряют ток и напряжение на отдельных сопротивлениях, а также на участках цепи с последовательным и параллельным подключением элементов.

12.6. Зависимость магнитного поля соленоида от тока.

Датчики тока и индукции магнитного поля используются для получения зависимости поля соленоида от величины тока в нем.

12.7. Резонанс в цепи переменного тока

Собирают электрическую цепь, содержащую генератор переменного тока, катушку индуктивности, конденсатор, реостат и датчик тока. Изменяя либо частоту колебаний напряжения генератора, либо сопротивление реостата, наблюдают за изменением силы тока.

12.8. Явление самоиндукции.

Собирают стандартную электрическую цепь с двумя параллельно соединенными лампочками. Последовательно с одной лампой включают резистор, а последовательно с другой – катушку. Датчики тока подключают в обе параллельные ветки схемы. ЭДС самоиндукции обнаруживается в течение 0.5–1 секунды с момента включения и выключения питания схемы.

12.9. Активная нагрузка в цепи переменного тока.

Датчик освещенности регистрирует зависимость мощности, выделяемой на активном сопротивлении, от времени. Поэтому частота колебаний освещенности в два раза больше частоты колебаний напряжения или тока.

12.10. Индуктивность в цепи переменного тока.

В опыте используют датчик тока и датчик напряжения. Опыт демонстрирует, что

напряжение на индуктивной нагрузке опережает ток по фазе.

12.11. Конденсатор в цепи переменного тока.

В опыте используют датчик тока и датчик напряжения. Опыт демонстрирует, что напряжение на конденсаторе отстает от тока по фазе.

12.12. Фазовые соотношения в цепи переменного тока. Полная цепь.

В опыте используют датчик тока и три датчика напряжения, подключенные к резистору, конденсатору и катушке. Опыт демонстрирует наличие разности фаз напряжения на этих элементах.

12.13. Опыт Фарадея. Демонстрация появления тока индукции в катушке при изменении внешнего магнитного потока.

Датчик тока подключают к катушке индуктивности и демонстрируют появление индукционного тока при включении-выключении тока в первичной катушке, а также при движении катушки с датчиком относительно первичной катушки с током.

12.14. Исследование модели генератора переменного тока.

Электрический двигатель из набора для лабораторных работ, например L-micro, можно подключить к датчику тока и записать импульсы тока, получаемые при ручном или автоматическом вращении ротора двигателя.

12.15. Определение емкости конденсатора методом зарядки и разрядки.

Используют простейшую схему с источником питания, конденсатором и датчиком тока. Зная напряжение на источнике питания и измеряя изменение тока в цепи от времени при зарядке и разрядке конденсатора, можно сосчитать полный заряд на обкладках конденсатора и его емкость.

### 13. ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ



Датчик позволяет измерять индукцию магнитного поля. Может работать в двух диапазонах: от  $-10$  мТл до  $+10$  мТл и от  $-0.2$  мТл до  $0.2$  мТл. Диапазон с низкой чувствительностью предназначен для

изучения магнитных полей соленоидов и постоянных магнитов, а диапазон с высокой чувствительностью – для исследования магнитного поля Земли.

*Список опытов:*

13.1. Исследование магнитного поля постоянного магнита.

Регистрируют величину индукции магнитного поля вблизи полюсов магнита и на расстоянии от него.

13.2. Исследование магнитного поля Земли.

Поворачивая датчик магнитного поля сначала в горизонтальной, а затем в вертикальной плоскости, определяют величину и направление, соответствующее максимуму индукции магнитного поля Земли, а также наклон его силовых линий.

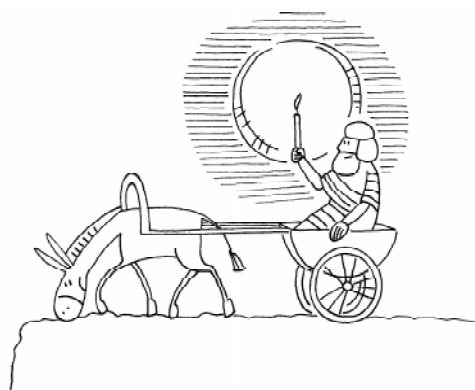
13.3. Исследование магнитного поля тока.

Регистрируют зависимость величины индукции магнитного поля от координаты на оси катушки без сердечника и вблизи полюса катушки с сердечником. Исследуют зависимость индукции магнитного поля от тока в катушке. Исследуют зависимость магнитного поля в катушке от числа витков.

#### 14. ДАТЧИК ОСВЕЩЕННОСТИ



Датчик позволяет измерять освещенность в диапазоне от 0 до 300 люкс. Также выпускается датчик освещенности с переключаемы-



*Датчик позволяет измерять освещенность*

ми диапазонами 0–600 люкс, 0–6 кюкс и 0–150 кюкс. Частота опроса датчика может меняться от 1 раза в час до 20 кГц, что позволяет изучать быстро протекающие процессы.

*Список опытов:*

14.1. Активная нагрузка в цепи переменного тока.

Датчик освещенности регистрирует зависимость мощности, выделяемой на активном сопротивлении, от времени. Поэтому частота колебаний освещенности в два раза больше частоты колебаний мощности или тока.

14.2. Исследование соотношения между интенсивностью света и расстоянием.

Измеряя интенсивность точечного источника от расстояния, экспериментально проверяют квадратичную зависимость, известную из фотометрии. Датчик освещенности, источник и откалиброванная зависимость интенсивности от расстояния могут быть использованы как датчик малых перемещений.

14.3. Исследование интерференции, дифракции, поляризации света.

Регистрируют пространственное распределение освещенности в интерференционной и дифракционной картинах. Измеряют изменение интенсивности пучка при прохождении одной и двух поляризационных пластин.

14.4. Изучение законов прямолинейного движения.

Датчик освещенности совместно с лазером или точечной лампой можно использовать как фотоворот при изучении движения тележки с двумя маркерами. Зная расстояние между маркерами и измеряя время между провалами сигнала от датчика, можно изучить соответствующие вопросы кинематики.

14.5. Изучение колебательного движения.

При колебаниях тела на нити или пружине его освещенность, регистрируемая датчиком, меняется во времени. Измерения позволяют определить период колебаний.

## 15. СЧЕТЧИК ГЕЙГЕРА



Счетчик чувствителен к альфа-, бета- и гамма-излучениям. Датчик выдает также звуковой сигнал при срабатывании.

*Список опытов:*

15.1. Демонстрация случайного характера радиоактивного излучения.

Регистрируют распределение во времени интенсивности потока частиц и убеждаются в случайном характере распределения.

15.2. Измерение активности от расстоя-

ния до источника радиоактивного излучения.

В опыте проверяют закон обратных квадратов для зависимости интенсивности излучения от расстояния между источником радиоактивного излучения и счетчиком.

15.3. Исследование влияния различных поглотителей на интенсивность излучения.

Интенсивность излучения от источника измеряют в отсутствие поглотителя и при наличии различных материалов в пространстве между источником и счетчиком. Исследуют ослабление сигнала в зависимости от вида и толщины материала.

## Литература

1. Петрова М.А. Многообразие датчиковых систем для компьютеризированного физического эксперимента. Вестник ПГПУ, 2009. Вып. 5. С. 146.
2. Федорова Ю.В. О применении цифровых лабораторий «Архимед» в школе. Вопросы интернет образования, 81 // [http://vio.uchim.info/Vio\\_81/cd\\_site/articles/art\\_2\\_7.htm](http://vio.uchim.info/Vio_81/cd_site/articles/art_2_7.htm)
3. Филиппова И.Я. Методика применения цифровой лаборатории «Архимед» в преподавании физики в школе. Методическое пособие. СПб: РЦОКОиИТ, 2009.
4. Механика. Электродинамика. Цифровая коллекция лабораторных работ по физике. М.: ИНТ. Интерактивная линия.

*Порохова Ирина Алексеевна,  
кандидат физико-математических  
наук, методист ООО «ИНТОКС»,*

*Порохов Денис Александрович,  
кандидат педагогических наук,  
учитель физики ГОУ СОШ № 210.*



Наши авторы, 2011.  
Our authors, 2011.