



## СОДЕРЖАНИЕ

### Хроника

XXVII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «УЧЕБНЫЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ. СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ» .....	3
--	---

### Основная школа

В. В. Майер К. М. Курбоналиев	ПОЛНОЕ ВНУТРЕННЕЕ ОТРАЖЕНИЕ СВЕТА И СОВРЕМЕННАЯ ГРАДИЕНТНАЯ ОПТИКА НА ШКОЛЬНОМ ВНЕУРОЧНОМ ЗАНЯТИИ .....	9
----------------------------------	---	---

### Старшая школа

В. Н. Бакулин М. И. Толмачева	ВЕРЕВКА — ВЕРВИЕ НЕ ПРОСТОЕ .....	14
Ш. Г. Зиятдинов	ЗАДАЧИ-ЛОВУШКИ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ФИЗИКИ .....	22

### Высшая школа

Б. А. Мукушев	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА, МОДЕЛИРУЮЩАЯ СИЛУ ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ .....	27
А. А. Сабирзянов	ПОСТРОЕНИЕ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПО МЕТОДУ МАКСВЕЛЛА .....	33
С. А. Герасимов	ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В ЖИДКОСТИ И ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ ...	41

А. П. Коваленко	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПЕРЕМЕННОГО	
С. В. Симукова	ТОКА НА ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ	
	ПО ФИЗИКЕ .....	48

### Компьютер в эксперименте

В. В. Майер	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТФОНА	
А. А. Перминов	ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАДИЕНТА	
	ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ .....	53

АВТОРЫ ЖУРНАЛА .....	67
ABSTRACTS .....	68

---

#### Редакция журнала:

В. В. Майер (главный редактор), Р. В. Акатов, Е. И. Вараксина, Л. С. Кропачева

#### Редакционный совет:

В. Е. Антонов	д.ф.-м.н., с.н.с., ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Л. Д. Григорьева	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
С. С. Назин	к.ф.-м.н., доцент, МГУ, Москва
Г. Г. Никифоров	к.п.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
А. Ю. Пентин	к.ф.-м.н., доцент, ИСРО РАО, Москва
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
Э. В. Суворов	д.ф.-м.н., профессор, ИФТТ РАН, МГУ, Москва
Я. А. Чиговская-Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГГПИ, Глазов

#### Оргкомитет конференции:

М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

**Адрес редакции, издателя и типографии:** 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, Пединститут, Телефон: (341 41) 5-32-29.

*E-mail: krova@bk.ru*

---

**Учредитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686, перерегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77-69506.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 12.05.22. Подписано в печать 15.06.22. Дата выхода в свет: 27.06.22. Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,25.

Заказ 151. Тираж 200 экз. Цена свободная.

**Первая страница обложки:** Современный вариант эксперимента Г.Герца, в котором обнаруживается электромагнитное излучение, распространяющееся от полуволнового вибратора с искровым промежутком.

УДК 372.853:535

В. В. Майер, А. А. Перминов

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТФОНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАДИЕНТА ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Для физического практикума бакалавриата педагогического вуза предлагается лабораторная работа по определению градиента показателя преломления в слое между раствором поваренной соли и чистой водой. Основным измерительным прибором является смартфон с программой «Радиус кривизны луча».

*Ключевые слова:* лабораторная работа, градиент показателя преломления, смартфон, программное обеспечение, фотографирование искривленного пучка света.

### 1. Введение

Явления, связанные с распространением света в оптически неоднородных средах, относятся к градиентной оптике [1, 2]. Изучение в физическом практикуме педагогического вуза криволинейного распространения света в слоисто-неоднородной среде знакомит обучающихся с вводными понятиями указанного раздела современной оптики.

Как известно, в первом приближении можно считать, что радиус кривизны  $R$  светового луча в такой среде с постоянным градиентом  $G = dn/dy$  показателя преломления  $n = n(y)$  выражается простой формулой [2]:

$$R = \frac{n}{G} = \frac{n}{dn/dy}. \quad (1)$$

Актуальной задачей дидактики физики является разработка такого учебного эксперимента, который доступными средствами при минимальных затратах учебного времени обеспечивает количественное подтверждение приведенной формулы. Мы предлагаем для решения этой задачи использовать планшет или смартфон с операционной системой на базе *Android*, который в наши дни есть у каждого студента.

## 2. Выполнение лабораторного эксперимента

Выполнение эксперимента на лабораторном занятии физического практикума включает следующие действия обучающихся.

1) Рефрактометром Аббе или иным способом измеряют показатели преломления воды  $n_1 = 1,333$  и насыщенного водного раствора хлорида натрия  $n_2 = 1,380$  [1].

2) Подкрашивают жидкости флюоресцеином так, чтобы они слабо люминесцировали; поместив воду и раствор соли в плоскопараллельную стеклянную кювету одну над другой, получают оптически неоднородную среду методом диффузии.

3) Рядом с кюветой располагают линейку с миллиметровыми делениями и сбоку кюветы направляют в жидкость узкий пучок зеленого, фиолетового или ультрафиолетового лазера так, чтобы свет распространялся симметрично относительно кюветы по дуге окружности с минимальным радиусом кривизны [3].

4) На смартфон (или планшет) фотографируют кювету с искривленным пучком света и расположенную рядом с ней линейку.

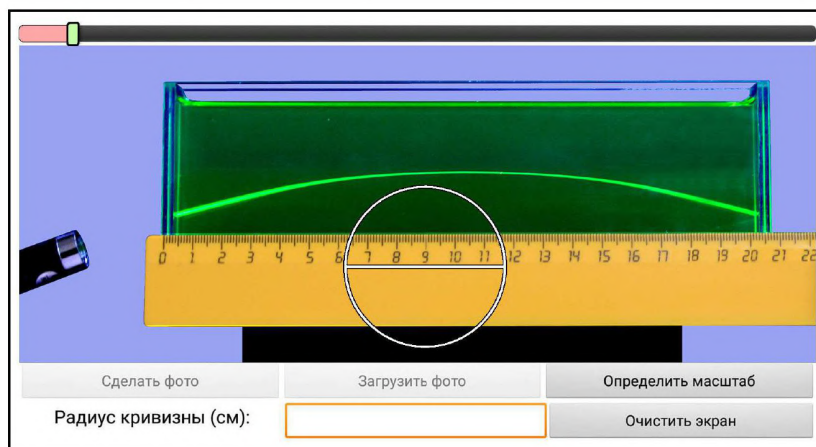


Рис. 1. Фотография искривленного пучка света в слоисто-неоднородной среде и расположенной рядом с ним линейки с миллиметровыми делениями. На фоне фотографии появилось изображение окружности и ее горизонтального диаметра. В левом верхнем углу экрана находится бегунок.

5) Загружают в смартфон программу «Радиус кривизны луча», видят появившуюся на экране красную окружность с диаметром и выводят на экран фотографию (рис. 1).

6) Касаясь пальцем верхней точки окружности, перемещают ее так, чтобы обозначенный на ней диаметр оказался на линейке, подбирают удобный размер окружности и нажимают на кнопку *Опре-*

делить масштаб; в появившееся окно вводят измеренное линейкой значение (в мм) длины диаметра окружности.

7) Бегунком, расположенным в верхней левой части экрана, изменяют диаметр окружности и, касаясь ее пальцем, перемещают окружность так, чтобы ее дуга совпала с изображением светового пучка (рис. 2).

8) В окне *Радиус кривизны* считывают значение радиуса кривизны светового пучка.

9) Из приведенной выше формулы (1) выражают градиент показателя преломления  $G = dn/dy = n/R$ .

10) Сравнивают его со значением, найденным непосредственно по фотографии:  $dn \approx \Delta n = n_2 - n_1$  — изменение показателя преломления на толщине  $dy \approx \Delta y$  оптически неоднородного слоя.

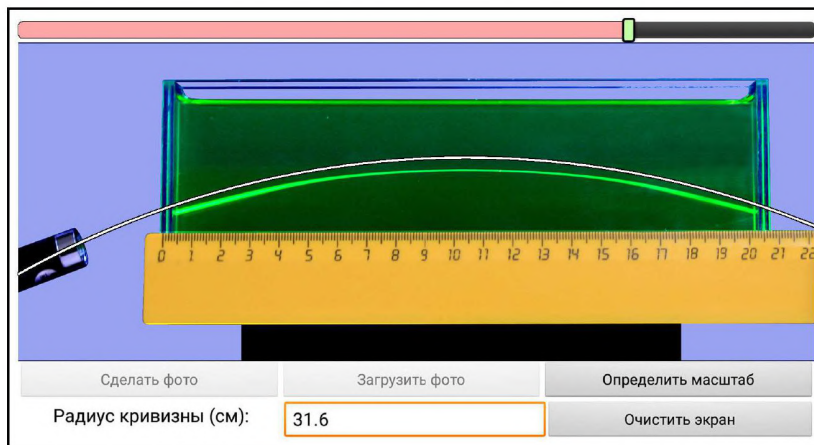


Рис. 2. Вспомогательная окружность перемещена по экрану и ее радиус увеличен так, что дуга окружности почти совпадает с изображением искривленного пучка. Обратите внимание: бегунок перемещен вправо по экрану.

Три последних действия обучающиеся выполняют вручную, чтобы окончательно не потерять навык элементарных вычислений физических величин и погрешностей их измерений. Однако при необходимости все расчеты могут быть выполнены в программе.

### 3. Разработка мобильного приложения

Для разработки мобильного приложения для операционной системы *Android* использована облачная среда визуальной разработки приложений *MIT App Inventor* [4, 5]. Построение программы осуществляется при помощи блоков программного кода. При созда-

нии собственной программы можно следовать приведенной ниже инструкции.

1. Запустите среду визуального программирования *MIT App Inventor* по ссылке <http://ai2.appinventor.mit.edu/>. Для доступа к облачной среде программирования необходимо ввести адрес электронной почты *Gmail* и пароль к ней.

2. Измените язык интерфейса с английского на русский: нажмите на кнопку *English* в верхней панели экрана и из выпадающего списка выберите *Русский*.

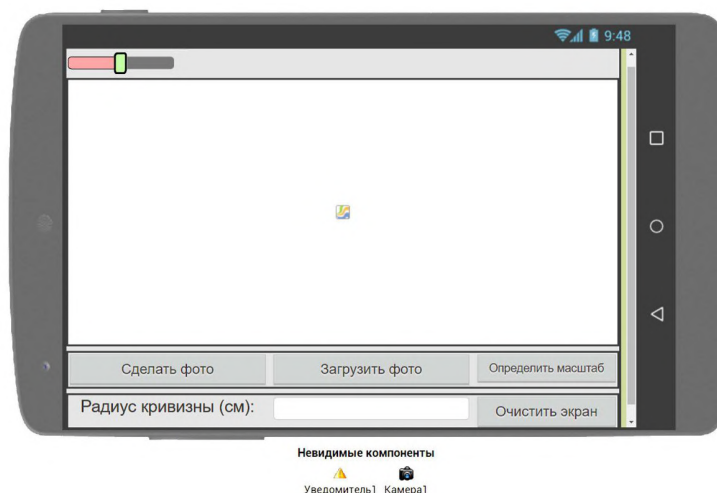


Рис. 3. Макет приложения для определения радиуса кривизны светового пучка в слоисто-неоднородной среде: *Кнопка1* — «Определить масштаб»; *Кнопка2* — «Сделать фото»; *Кнопка3* — «Очистить экран»; *Выборщик Изображений* — «Загрузить фото»; *Надпись* — «Радиус кривизны (см)»

3. Нажмите на кнопку *Начать новый проект* и введите в появившемся текстовом поле название проекта латинскими буквами без пробелов и знаков препинания.

4. В окне *Дизайнер* перейдите в раздел *Свойства* экрана *Screen1*. Задайте *Ориентацию* экрана — *Широкоформатный режим*. Установите галочку у надписи *Прокручиваемый*. Удалите содержимое текстового поля *Заголовок* и уберите галочку у надписи *TitleVisible*. В поле *App-Name* введите название будущей программы «Радиус кривизны луча».

5. На вкладке *Расположение* выберите компонент *Вертикальное Расположение* и поместите его мышью на макет экрана смартфона. Установите параметры *Высота* и *Ширина* компонента — *Наполнить родительский*.

6. С вкладки *Интерфейс пользователя* поместите компонент *Бегунок* на макет экрана в область компонента *Вертикальное Расположение1*. Установите параметр *Ширина* компонента — *Наполнить родительский*.

7. С вкладки *Рисование и анимация* поместите компонент *Холст* под компонентом *Бегунок* в область компонента *Вертикальное Расположение1*. Установите параметр *Ширина* компонента — *Наполнить родительский*. Установите значение высоты компонента в процентах. Для разных устройств этот параметр может варьироваться около значения 70. В поле *Ширина линии* введите значение 3, *Цвет краски* — красный.

8. С вкладки *Расположение* выберите компонент *Горизонтальное Расположение* и поместите его на макет экрана под *Холст*. Установите параметр *Ширина* компонента — *Наполнить родительский*.

9. С вкладки *Интерфейс пользователя* поместите два компонента *Кнопка* в область находящегося внизу формы компонента *Горизонтальное Расположение1*. С вкладки *Медиа* поместите *Выборщик Изображений* в эту же область между кнопками. Установите параметр *Ширина* этих компонентов — *Наполнить родительский*.

10. Вновь выберите компонент *Горизонтальное Расположение* и установите его на макет экрана ниже компонента *Горизонтальное Расположение1*. Установите параметр *Ширина* компонента — *Наполнить родительский*. Поместите в его область компоненты *Надпись*, *Текст* и *Кнопка* с вкладки *Интерфейс пользователя*. Установите параметр *Ширина* этих компонентов — *Наполнить родительский*.

11. В окне *Свойства* задайте содержание параметра *Текст* компонентов: *Кнопка1* — «Определить масштаб»; *Кнопка2* — «Сделать фото»; *Кнопка3* — «Очистить экран»; *Выборщик Изображений* — «Загрузить фото»; *Надпись* — «Радиус кривизны (см)» в соответствии с рис. 3.

12. Для компонента *Текст* уберите галочку напротив строки *Включено*. Удалите содержимое поля *Подсказка*.

13. Поместите в область макета экрана компонент *Уведомитель* с вкладки *Интерфейс пользователя* и компонент *Камера* с вкладки *Медиа*.

Если все сделано правильно, в результате получится форма, внешний вид которой показан на рис. 3. Теперь в окне *Блоки* сконструируйте программу, приведенную ниже (рис. 4–10).

Действовать нужно так. Для получения первой строки программы (рис. 4) перенесите с вкладки *Блоки* в окно *Просмотр* блок из вкладки *Переменные* и к нему присоедините блок из вкладки *Математика* со знаком деления. На вкладке *Блоки* нажмите на компонент *Холст1*, в появившемся перечне выберите нужный блок, например, *Холст1.Ширина* и вставьте его в числитель блока из вкладки *Математика*, в знаменатель которого поместите еще один блок из вкладки *Математика*, куда введите цифру «2». Далее аналогичным образом соберите все блоки программы (рис. 4–10).

Сохраните проект *Построить / Android App (.apk)*. Дождитесь завершения формирования файла и нажмите кнопку *Download .apk now*. Полученный *apk* файл можно загружать на смартфон или планшет через *USB*-подключение или с помощью *QR*-кода.



Рис. 4. Блоки инициализации переменных и блок процедуры рисования окружности с диаметром. Присваивают переменным  $x$ ,  $y$ ,  $r$  начальные координаты центра и значение радиуса окружности. Объявляют переменную  $pix$  диаметра в пикселях и переменную  $m$  масштаба фотографии. Создают процедуру *circle* рисования окружности.



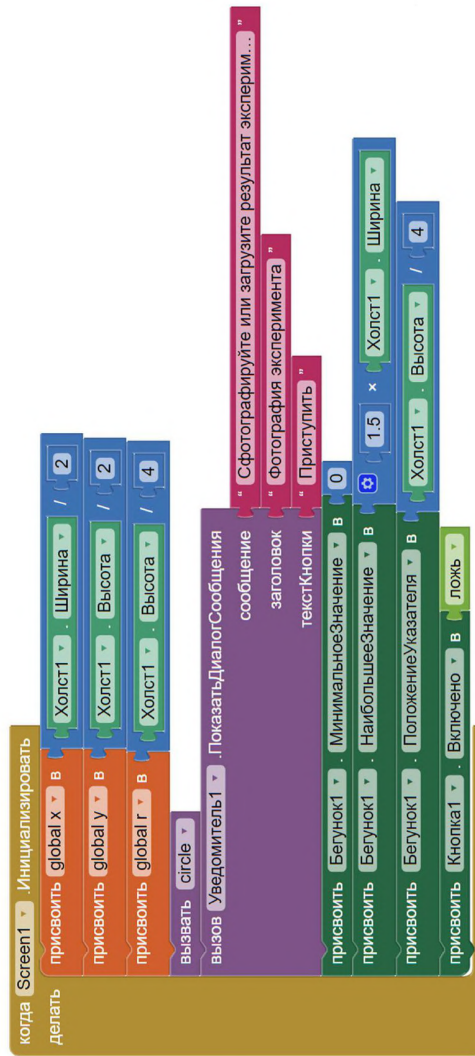


Рис. 5. Блок загрузки экрана. Задают начальные координаты и радиус окружности, вызывают процедуру рисования окружности. Формируют сообщение «Сфотографируйте или загрузите результат эксперимента». Устанавливают минимальное, максимальное и текущее значения бегунка. Делают неактивной кнопку определения масштаба фотографии.



Рис. 6. Блоки перемещения и деформации окружности. При касании пальцем экрана окружность перемещается так, что ее верхняя точка оказывается под пальцем. Перемещая пальцем бегунок, изменяют диаметр окружности.

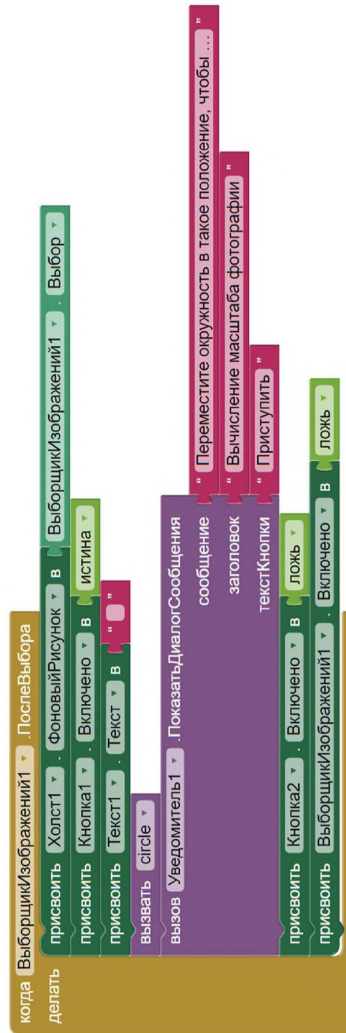


Рис. 7. Блок загрузки фотографии. При нажатии на кнопку *Загрузить фото* на экран выводится фотография и появляется сообщение: «Переместите окружность в такое положение, чтобы ее диаметр оказался на изображении линейки». По фотографии линейки определите диаметр окружности и нажмите кнопку *Определить масштаб*. Кнопку «Определить масштаб» делают активной, а выборщик «Загрузить фото» и кнопку «Сделать фото» — неактивными.

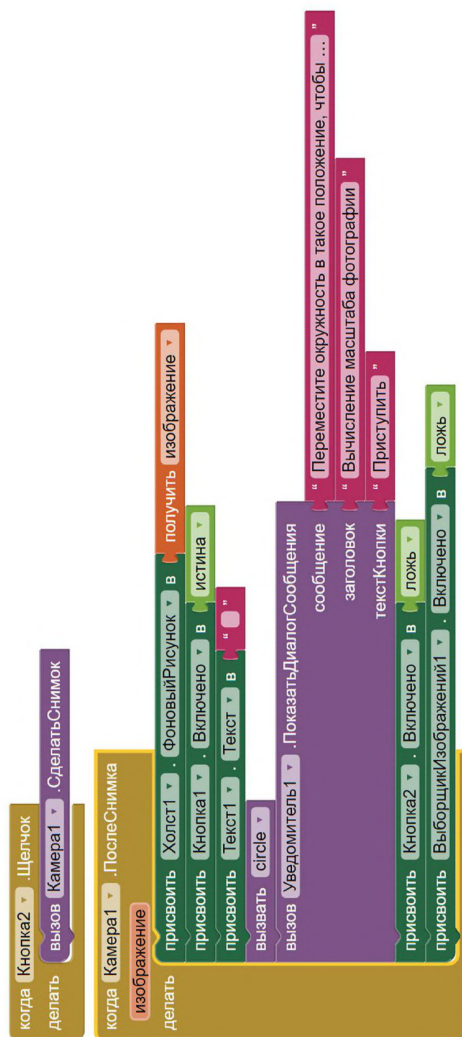


Рис. 8. Блоки фотографирования. При нажатии на кнопку *Сделать фото* на экран выводится фотография и появляется сообщение: «Переместите окружность в такое положение, чтобы ее диаметр оказался на изображении линейки». По фотографии линейки определите диаметр окружности и нажмите кнопку *Определить масштаб*. Кнопку «Определить масштаб» делают активной, а выборщик «Загрузить фото» и кнопку «Сделать фото» — неактивными.

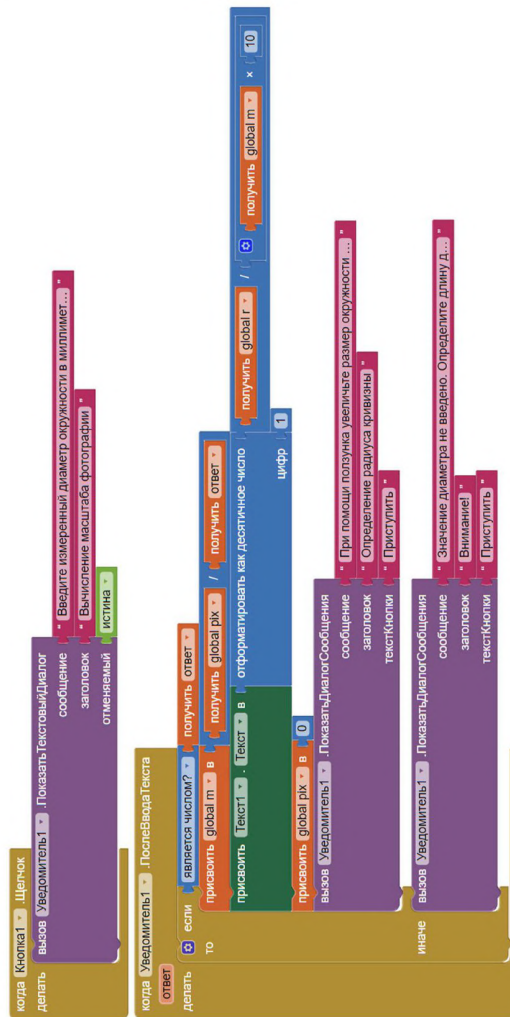


Рис. 9. Блоки вычисления масштаба фотографии и радиуса кривизны светового пучка. При нажатии на кнопку *Определить масштаб* появляется сообщение: «Введите измеренный диаметр окружности в миллиметрах». После ввода диаметра в переменную *m* сохраняется значение вычисленного масштаба фотографии. В текстовом поле выводится значение радиуса кривизны в сантиметрах. Появляется сообщение: «При помощи ползунка увеличьте размер окружности так, чтобы часть ее дуги совпадала с лучом. При необходимости перемещайте окружность по экрану».

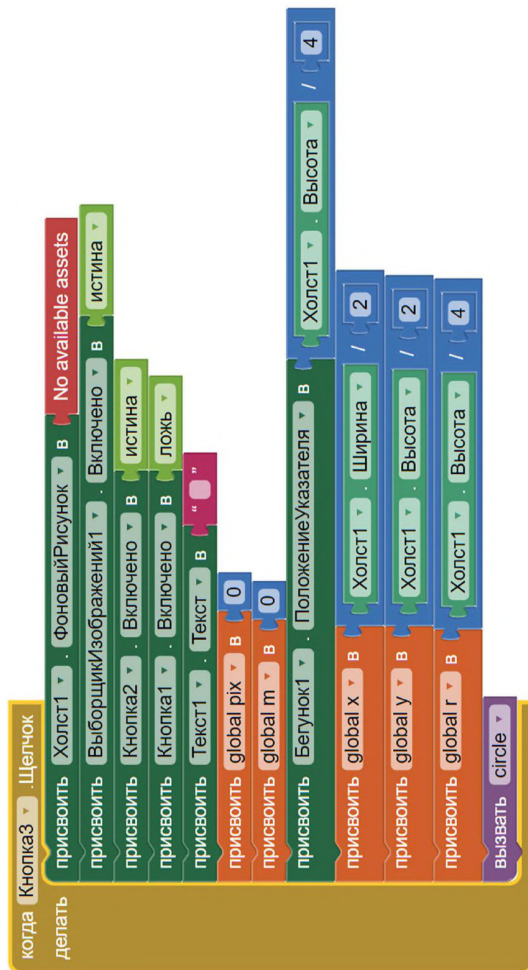


Рис. 10. Блок очистки экрана. В случае промаха вследствие неудачного определения масштаба фотографии всем переменным присваивают исходные значения. Очищают холст и выводят на экран окружность с диаметром.

#### 4. Анализ программных блоков

Рассмотрим подробнее основные части программы. На рис.4 происходит инициализация переменных  $x$ ,  $y$  и  $r$ , определяющих

начальные координаты и радиус окружности, с помощью которой можно будет определить масштаб фотографии и вычислить результат эксперимента. Переменная  $pix$  будет принимать значения диаметра окружности в пикселях, а переменная  $m$  — значения масштаба фотографии. Формируется процедура *circle* рисования окружности.

На рис. 5 в обработчике события запуска экрана приложения вновь задаются начальные координаты и радиус окружности. Производится вызов процедуры рисования окружности. Организуется форма информационного сообщения с использованием компонента *Уведомитель1* со следующим содержанием: «Сфотографируйте или загрузите результат эксперимента». Затем устанавливаются минимальное, максимальное и текущее значения компонента *Бегунок1*. Кнопку определения масштаба фотографии делаем неактивной.

Когда пользователь касается экрана, координаты окружности меняются на значения координат пальца на сенсоре. Изменение положения ползунка компонента *Бегунок1* приводит к изменению радиуса окружности. Блоки соответствующего программного кода представлены на рис. 6.

Загрузку фотографии можно осуществить двумя способами. Нажатием на кнопку *Загрузить фото* (рис. 7) либо нажатием на кнопку *Сделать фото* (рис. 8). В обоих случаях важно уведомить пользователя, каким образом осуществляется определения масштаба фотографии. Для этого используется функция вызова компонента *Уведомитель1*, которая будет хранить следующее сообщение: «Переместите окружность в такое положение, чтобы ее диаметр оказался на изображении линейки. По фотографии линейки определите диаметр окружности и нажмите кнопку *Определить масштаб*». На этом этапе кнопку «Определить масштаб» можно сделать активной, а выборщик «Загрузить фото» и кнопку «Сделать фото» — неактивными.

На рис. 9 показано вычисление масштаба фотографии и перевод радиуса окружности из пикселей в сантиметры. Измеренный диаметр окружности в пикселях делится на диаметр, измеренный в миллиметрах по фотографии. Это значение сохраняется в переменную  $m$ , с помощью которой и происходит перевод радиуса кривизны в сантиметры. Пользователю выводится следующее сообщение: «При помощи ползунка увеличьте размер окружности так, чтобы часть ее дуги совпала с лучом. При необходимости перемещайте окружность по экрану». Далее пользователь меняет положение и радиус окружности с помощью ползунка. Вычисленный результат фиксируется в текстовом поле компонента *Текст1*.

В случае промаха вследствие неудачного определения масштаба фотографии имеет смысл обнулить все данные и начать все заново. Это можно осуществить с помощью следующих блоков кода программы (рис. 10).

### 5. Мобильное приложение для обработки результатов эксперимента

Окно работающей программы показано на рис. 1 и 2. Студенты производят следующие действия:

- 1) загружают или фотографируют результаты эксперимента вместе со шкалой с миллиметровыми делениями;
- 2) перемещают окружность в такое положение, чтобы ее диаметр оказался на изображении шкалы линейки;
- 3) нажимают кнопку *Определить масштаб* и вводят измеренный диаметр окружности в миллиметрах;
- 4) при помощи ползунка увеличивают размер окружности так, чтобы часть ее дуги совпала со световым пучком;
- 5) при необходимости перемещают окружность по экрану;
- 6) совмещают часть дуги окружности с экспериментальным пучком — на экран выводится значение радиуса кривизны;
- 7) нажимают на клавишу *Очистить экран* и повторяют пункты 1–6 для новых серий эксперимента.

Авторы выражают благодарность Е. И. Вараксиной за существенную помощь в работе.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-013-00157. *Acknowledgments:* The reported study was funded by RFBR, project number 20-013-00157.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Майер В. В. Полное внутреннее отражение света: учебные исследования. — М.: Физматлит, 2007. — 160 с.
2. Майер В. В. Свет в оптически неоднородной среде: учебные исследования. — М.: Физматлит, 2007. — 232 с.
3. Майер В. В., Вараксина Е. И., Курбоналиев К. М. Экспериментальное обоснование принципа Гюйгенса // Учебная физика. — 2021. — № 4. — С. 24–30.
4. Ливенец М. А., Ярмахов Б. Б. Программирование мобильных приложений в *MIT App Inventor*. Режим доступа: [http://mkpochtoi.ru/App-Inventor\\_gus.pdf](http://mkpochtoi.ru/App-Inventor_gus.pdf) (дата обращения: 16.06.2022).
5. Вараксина Е. И., Перминов А. А. Мобильное приложение для учебного исследования колец Ньютона // Проблемы учебного физического эксперимента: Сборник научных трудов. Выпуск 31. — М.: ИСРО РАО, 2020. — С. 82–84.



## ABSTRACTS

**XXVII All–Russia scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions».** A report on XXVII All–Russian scientific and practical conference «The Educational Physics Experiment: Topical problems. Modern solutions» is presented. The conference was organized in Glazov on 28–29 January 2022. The names of the reports are given. *Keywords:* didactics of physics, educational physics experiment, conference.

**Mayer V. V., Kurbanaliev K. M. Total internal reflection of light and modern gradient optics at school optional lesson.** The content of an optional lesson for 8th grade students has been developed. The lesson is devoted to the phenomena associated with the total internal reflection of light in optically homogeneous and inhomogeneous media. *Keywords:* optional lesson, basic school, total internal reflection, gradient optics.

**Bakulin V. N., Tolmacheva M. I. Rope is not an easy verve.** Different methodological approaches to solving problems with rope are compared. The reasons for discrepancies in the results of solving problems by different methods are analyzed: dynamic and energetic. The results of the application of various approaches by senior physics students to solving rope movement problems are discussed. *Keywords:* educational task, motion models, dynamic and energetic approaches.

**Ziyatdinov Sh. G. Trap tasks in the school physics course.** The necessity of drawing students' attention to tasks requiring an unconventional approach to their solution is discussed. *Keywords:* school physics course, workshop on solving physical problems, trap tasks.

**Mukushev B. A. Experimental setup simulating the force of universal gravity.** The article presents the principles of operation and structure of the experimental setup necessary to simulate the movement of a body in a field of central force similar to the force of universal gravity. *Keywords:* electrical circuit of the installation, alternating current coil, magnetic field, Wood proof, conical motion of a steel ball.

**Sabirzyanov A. A. Construction of electrostatic field lines by Maxwell's method.** Maxwell's method of constructing force lines for a system of two point charges is considered. The force lines are represented by approximating polylines. The equation of force lines is derived in trigonometric form through the functions of two guiding angles. The pictures of force lines for several cases differing in the values and signs of charges are given. *Keywords:* electrostatic field, force lines, construction, Maxwell's method.

**Gerasimov S. A. Electric current in liquid and negative magnetoresistivity.** Not to confirm, but to understand — that is the purpose of this work. The magnetic field should reduce the current in the substance. This is the result of the so-called magnetoresistivity. It turned out the opposite. The electric current in the electrolyte increases under the influence of a magnetic field. *Keywords:* magnetic field, electric current, temperature, electrolyte, magnetoresistivity.

**Kovalenko A. P., Simukova S. V. Research of alternating current rectifier at a laboratory workshop in physics.** The article considers the research of the dependence of the ripple ratio, as well as the variable and steady components of the rectified voltage on the load current strength for single-half-period and two-half-period rectifiers. *Keywords:* single-half-period rectifier, two-half-period rectifier, steady component, variable component, ripple ratio.

**Mayer V. V., Perminov A. A. Using a smartphone to determine the gradient of the refractive index.** For the undergraduate physics workshop of a pedagogical university, a laboratory work is proposed to determine the gradient of the refractive index in the layer between a solution of table salt and pure water. The main measuring device is a smartphone with the program «Radius of curvature of the beam». *Keywords:* laboratory work, refractive index gradient, smartphone, software, photographing curved light beam.