

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии  
наименование кафедры

**Система биомедицинской визуализации на основе смартфона**

наименование темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студента 4 курса 4081 группы

направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»  
код и наименование направления

институт физики

наименование факультета, института, колледжа

Асиеду Да-Коста Абоагье

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель  
доцент, к.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

 20.06.2022

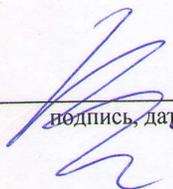
подпись, дата

Д.Н. Браташов

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой  
д.ф.-м.н., доцент

должность, уч. степень, уч. звание

 20.06.2022

подпись, дата

А.С. Караваяев

инициалы, фамилия

Саратов 2022

## **Оглавление**

Введение.....	3
1.1. Вступление.....	3
1.2. Актуальность.....	3
1.3. Цель работы.....	4
Основное содержание работы.....	5
Заключение.....	14

# 1. Введение

## 1.1. Вступление

Недавние достижения в области технологий смартфонов сделали возможной интеграцию многих методов оптического обнаружения, использующих встроенные функциональные компоненты и программную платформу этих устройств. За последние несколько лет несколько исследователей разработали оптические спектроскопические платформы на базе смартфонов с высоким разрешением и продемонстрировали их удобство использования в различных биомедицинских приложениях. Такие платформы предоставляют беспрецедентные возможности для разработки систем диагностики на месте оказания медицинской помощи, особенно в условиях ограниченных ресурсов.

## 1.2. Актуальность

Диагностика заболеваний в условиях ограниченных ресурсов часто является сложной задачей из-за нехватки ресурсов и обученного персонала. Этим ресурсам и обученному персоналу часто не хватает в условиях ограниченных ресурсов, таких как страны с низким и средним уровнем дохода, сельские клиники в развитых странах и клиники на местах. В этих условиях диагностики и анализ образцов часто ставятся только путем клинического обследования, что может привести к неточному диагнозу и неадекватному лечению [2,3].

Смартфоны потенциально могут сыграть решающую роль в улучшении диагностики заболеваний в условиях дефицита ресурсов. Смартфон работает как “компьютер в вашем кармане”, где он обеспечивает высокую вычислительную мощность, простой пользовательский интерфейс и дисплей высокой четкости. Что наиболее важно для получения спектроскопических изображений, смартфон оснащен высокопроизводительной камерой с большим количеством пикселей, достаточно большой числовой апертурой и возможностью хранения, анализа и передачи изображений. Многие смартфоны доступны по цене, что упростило

распространение и адаптацию смартфона в условиях нехватки ресурсов. Таким образом, можно подумать о разработке спектроскопического устройства с помощью смартфона и исследовать различные биологические образцы и образцы окружающей среды прямо на месте оказания медицинской помощи и предоставлять диагностически значимую информацию там, где и когда она наиболее необходима. В последнее время наблюдается захватывающая разработка спектроскопии на базе смартфонов с целью улучшения диагностики и анализа образцов в условиях ограниченных ресурсов. В этом обзоре я представляю обзор разработки доступной биомедицинской системы визуализации с использованием камеры мобильного телефона в качестве датчика, сопутствующих технологий, сборки прототипа, проверки работоспособности конструкции и ее пригодности для решения практических задач.

### **1.3. Цель работы**

Целью отчета является разработка доступной биомедицинской системы визуализации, использующую камеру мобильного телефона как сенсор.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи.

- i. Определиться с потенциальной целевой аудиторией и оценить потребность в создании прибора.
- ii. Изучить имеющиеся опубликованные решения, найти ключевые метрики эффективности подобных устройств.
- iii. Сформировать набор требований к разработке.
- iv. Разработать дизайн устройства и собрать прототип.
- v. Осуществить проверку работоспособности конструкции и пригодность её для решения практических задач.

## 2. Основное содержание работы.

### 2.1. Теоретическая часть работы

**Определиться с потенциальной целевой аудиторией и оценить потребность в создании прибора.**

Зачем понадобилось создавать прототип?

1. Портативность - наличие устройства в небольшой форме, позволяющей пользователям носить его с собой куда угодно, что приводит к сокращению времени постоянной доставки образцов в лабораторию или целевое местоположение.

2. Доступность по цене - Сократите затраты, связанные с приобретением устройства, которое будет отвечать вашим потребностям по доступной цене.

3. То сделайте простое устройство, не требующее особых усилий в своей эксплуатации.

**Изучить имеющиеся опубликованные решения, найти ключевые метрики эффективности подобных устройств.**



**Сформировать набор требований к разработке.**



Key Questions and Guidelines	
 Clinical Context	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Design guided by clinical workflow and needs of intended user?</li> <li>› Evaluations performed in a realistic clinical setting by the intended user?</li> </ul>
 Completeness	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Custom app developed to enable intended clinical workflow?</li> <li>› System supports a complete data pipeline for acquisition, review, and analysis?</li> </ul>
 Compactness	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Portability and handheld operation important for intended application?</li> <li>› Advantages of a compact system demonstrated?</li> </ul>
 Connectivity	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Connectivity and wireless operation important for the intended application?</li> <li>› Advantages of a connected system demonstrated?</li> </ul>
 Cost	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Cost overemphasized relative to other design constraints of the clinical context?</li> <li>› Significant changes needed for manufacturing as a medical product?</li> </ul>
 Claims	<ul style="list-style-type: none"> <li>› Claims regarding ease-of-use, cost, or scalability by virtue of smartphone utilization alone?</li> <li>› Performance compared to other standard-of-care and/or non-smartphone systems?</li> </ul>

## 2.2. Методика исследования

### Оптическая спектроскопия

Спектроскопия в оптическом (видимом) диапазоне длин волн со смежными ультрафиолетовым и инфракрасным диапазонами (от нескольких сотен нанометров до единиц микрон)[14]. Этот метод предоставляет подавляющее большинство информации о том, как устроена материя на атомном и молекулярном уровне, как ведут себя атомы и молекулы при объединении в конденсированные вещества.

Особенностью оптической спектроскопии, по сравнению с другими видами спектроскопии, является то, что большая часть структурно организованной материи (крупнее атомов) резонансно взаимодействует с электромагнитным полем именно в оптическом диапазоне частот. Поэтому оптическая спектроскопия в настоящее время очень широко используется для получения информации о веществе.

## 2.3. Практическая работа

### Разработать дизайн устройства и собрать прототип.

Основная концепция спектрометра заключается в том, что "неизвестный" луч света направляется на оптический элемент, который расщепляет луч света на

основе длин волн, присутствующих в "неизвестном" луче света[12]. Каждая длина волны отклоняется на различную величину, поэтому, измеряя отклонение, можно определить длины волн, присутствующие в "неизвестном" луче света, что потенциально может предоставить больше информации об источнике луча света.

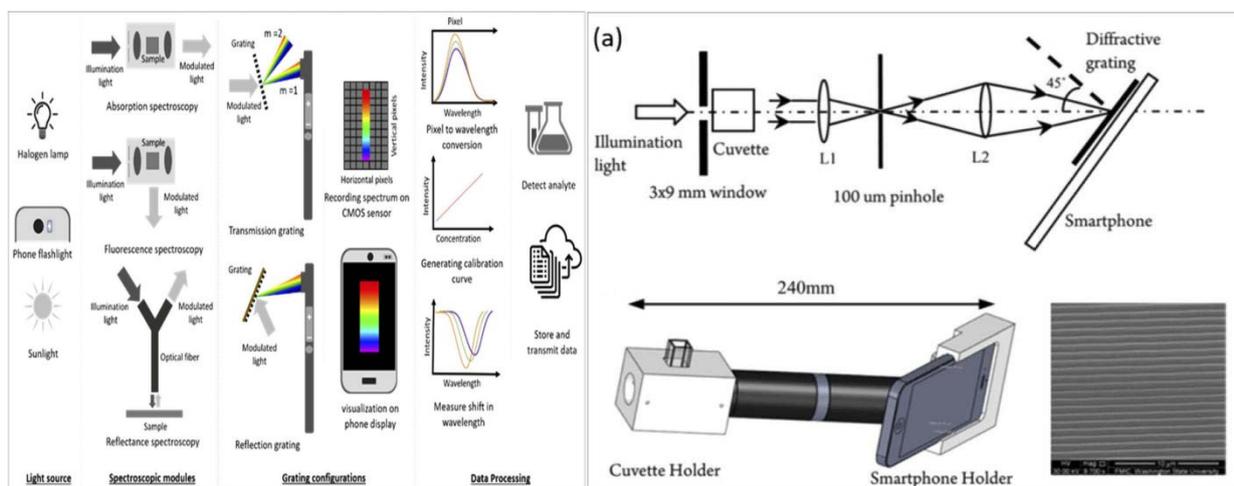


Рис. 1. (а) Схема спектроскопической системы смартфона, разработанная с использованием DVD-диска.

## Необходимые материалы

Вот список всех компонентов и деталей, необходимых для создания вашего собственного недорогого спектрометра.

Картон, Черная картографическая бумага, DVD-диск, Лезвие бритвы, Клейкая лента.

## Шаг 1: Сборка корпусных деталей

Корпус можно было бы сделать из любой коробки, но я решил создать ее с нуля, чтобы она идеально подходила по размеру к камере смартфона, которую я использую.

1. Начните с измерения корпуса:

Высота, ширина и длина.

2. Постройте коробку в соответствии с желаемыми размерами.
3. Обведите 6 граней коробки в соответствии с размерами на листе картона и с помощью ножа вырежьте кусочки.
4. Приклейте все грани на лист черной картонной бумаги с помощью клея и разрежьте бумагу по границам картонных кусочков.

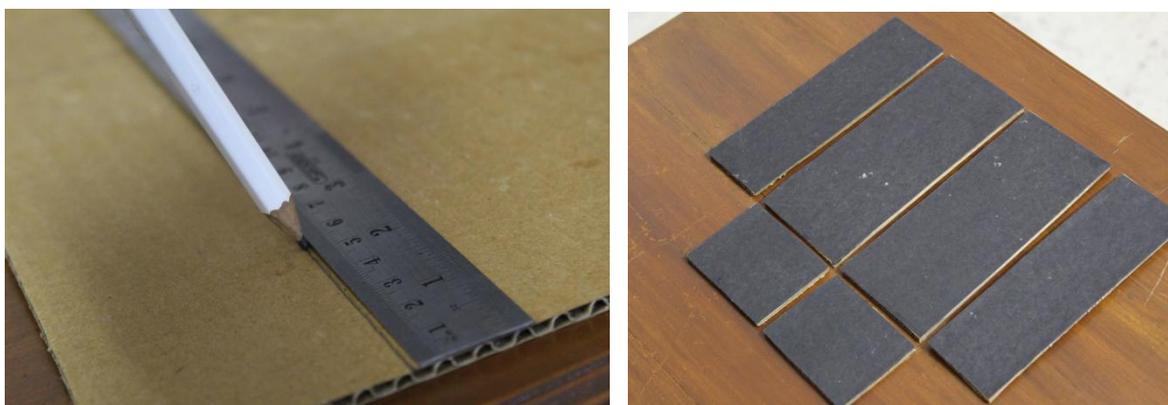


Рис. 5

## Шаг 2: Сборка корпуса

1. Возьмите нижнюю грань и боковые грани и поместите их рядом. Используйте ленту, чтобы соединить кусочки вместе.
2. Загляните в корпус через одну из щелей и убедитесь, что в коробку не попадает свет.



Рис. 6. Собранный корпус

### **Шаг 3: Делаем входную щель**

Чтобы сделать входную щель, приклейте одно из лезвий вертикально, чтобы закрыть часть щели на передней поверхности.

1. Приклейте второе лезвие рядом с первым, используя один лист бумаги, чтобы создать тонкий зазор между двумя лезвиями.
2. Приклейте второе лезвие скотчем и заклейте все зазоры изолентой, чтобы предотвратить попадание света в корпус.

### **Шаг 4: Изготовление дифракционной решетки**

Дифракционная решетка отвечает за разделение луча света в соответствии с длиной волны.

1. Начните с того, что сделайте надрез на диске с помощью ножниц. По мере того, как вы будете углубляться в диск, вы заметите, что диск состоит из двух слоев, которые начнут разделяться. Разделите два слоя полностью и выбросьте половину, состоящую из серебряного покрытия.
2. Отрежьте четверть кусочка от второй половины и выровняйте края, чтобы

получился небольшой прямоугольник, который немного больше ширины линзы.

3. Затем используйте немного клея, чтобы приклеить эту деталь к линзе.

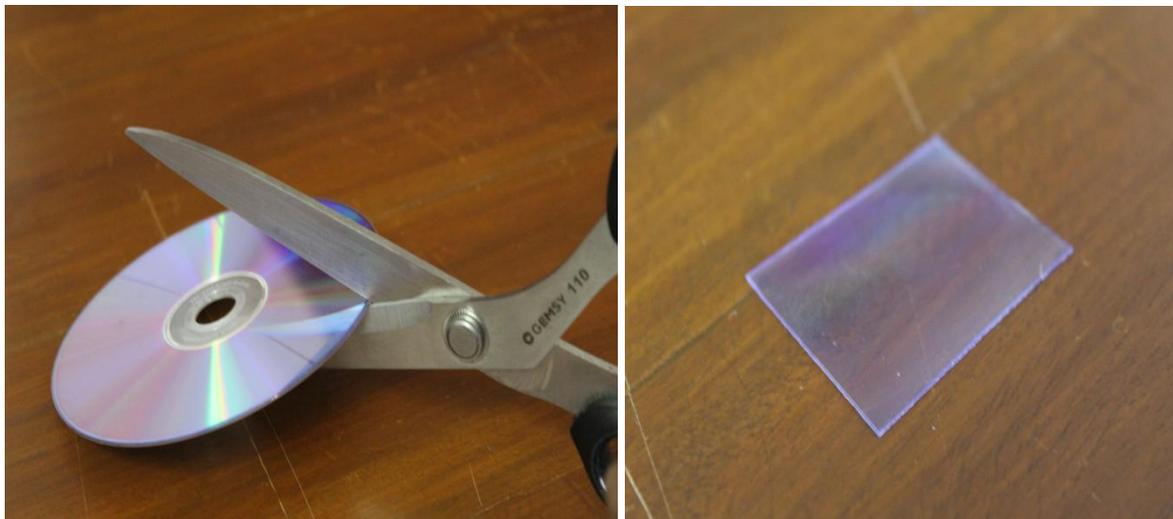


Рис. 7. DVD-диск для дифракционной решетки.

### **Шаг 5: Установка камеры**

Как только дифракционная решетка будет прикреплена к камере смартфона, направьте спектрометр на источник света и отрегулируйте положение камеры смартфона до тех пор, пока дифракционный спектр не окажется в центре изображения.

### **Шаг 6: Тестирование Еще 2 Изображений**

1. Чтобы проверить правильность работы вашего спектрометра, направьте его на источник света и отрегулируйте высоту источника света и спектрометра до тех пор, пока они не выровняются.

2. Подключите смартфон и откройте приложение "Камера". Изображение должно состоять из четкого дифракционного спектра.



## DIY Spectrometer



Рис. 8. Рисунок; Изображение, полученное камерой смартфона для анализа.

### Шаг 7: Использование программного обеспечения анализатора

Простое изображение спектра может не дать много информации, поэтому для построения графика интенсивности света необходимо использовать программное обеспечение анализатора [12]. Это обеспечит относительное расстояние между "пиками", которое может быть дополнительно использовано для определения длин волн, присутствующих в источнике света.

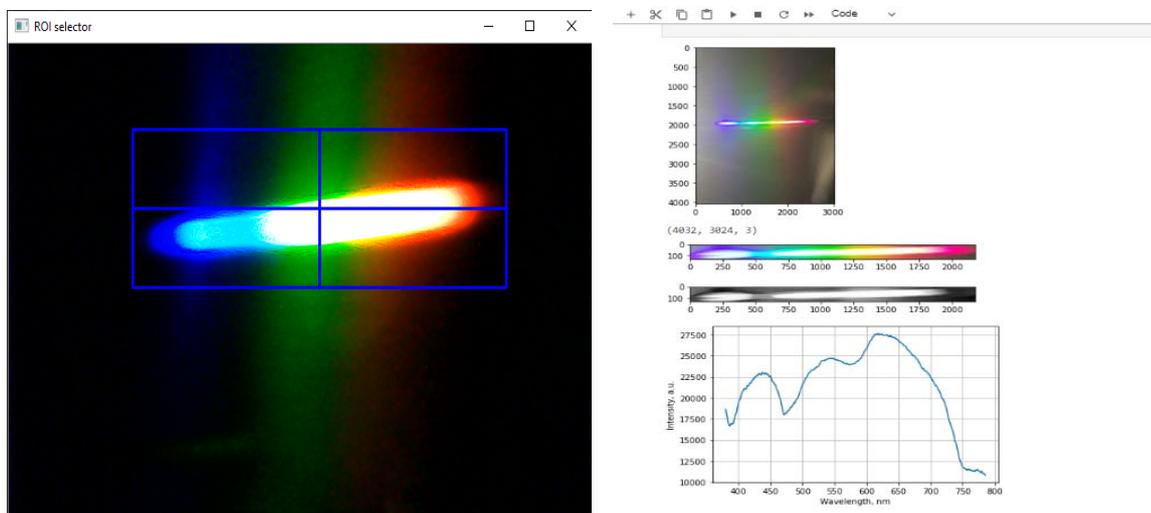


Рис. 9. Фигура. Изображение анализируется с помощью программного обеспечения.

### 2.4. Ожидаемый результат работы

**Осуществить проверку работоспособности конструкции и пригодность её для решения практических задач.**

Это результаты тестируемого спектрометра и программного обеспечения для различных экспериментов. Вы можете направить свой спектрометр на

различные источники света, такие как лампы CFL, неоновые лампы, лампы накаливания или даже интеллектуальные светодиодные лампы, меняющие цвет. Вы также можете выйти на улицу, направить спектрометр на чистую часть неба и изучить результаты.

Чтобы измерить длины волн определенного источника света, вы можете начать с источника света с известной длиной волны, такого как лазер, и определить соотношение между положением пиков и длиной волны.



Рис. 10. Установка спектрометра для светового анализа образцов.

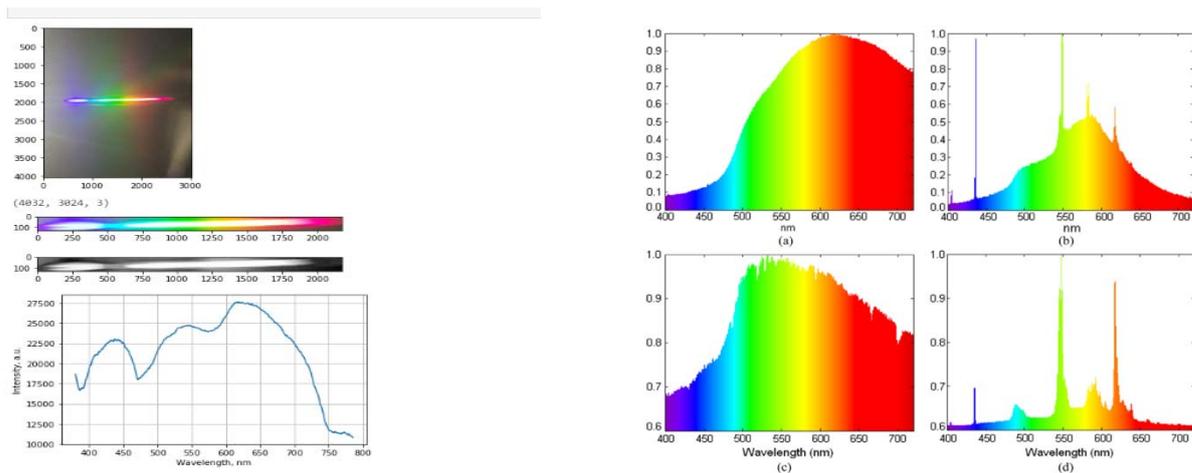


Рис. 11. Нормализованное распределение спектральной мощности (а) галогенного света, (b) флуоресцентного света, (c) дневного света и (d) другого флуоресцентного света.

Спектральные распределения мощности (SPD) четырех различных источников освещения, используемых в процессе сбора данных, показаны на рис 11. SPD галогенного света (a) очень плавный, а пик находится в оранжевой части спектра. SPD панели флуоресцентного освещения (b) является колючим на определенных длинах волн. Дневной свет, изображенный на рис.(c), имеет тенденцию иметь больше зеленых и синих компонентов по сравнению с двумя другими источниками освещения. Во время процесса получения изображения использовался второй флуоресцентный источник света, который имеет SPD, отличный от первого флуоресцентного источника света на рис. (d)[13].

### Использование спектрометра для решения практической задачи.

При решении практических задач спектрометр использовался для определения концентрации веществ в лаборатории, а также использовался для определения токсинов в кровотоке и содержания растворенного кислорода в водоеме.



### **3. Заключение**

Прототип был успешно построен на основе предложенной конструкции системы. Оценивается производительность готового устройства и анализируется конструкция. Результаты эксплуатационных испытаний показывают, что спектрометр может быть использован для спектроскопического анализа образцов материалов. Измерения также доказывают, что он эффективно работает в диапазоне длин волн от 380 до 750 нм. Таким образом, можно сделать вывод, что спектрометр является полезным инструментом для измерения длин волн света в широком диапазоне электромагнитного спектра. Чтобы дать обзор проекта, предложенная конструкция спектрометра доказала свою полезность и практичность. Все компоненты доступны по цене и легкодоступны, а конструкция проста и может быть выполнена в домашних условиях. Однако ожидается, что для калибровки устройства будут приложены достаточные усилия, что имеет решающее значение для его конечного успеха и будущего устройства.