

УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА ПЕНЗЫ
муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя
общеобразовательная школа № 11 г. Пензы с углубленным изучением предметов
гуманитарно-правового профиля
(МБОУ СОШ № 11 г. Пензы)

VII открытый региональный конкурс
исследовательских и проектных работ школьников
«Высший пилотаж»

Получение стробоскопического эффекта с помощью электронного бесцокольного
стробоскопа с регулируемой длиной волны и частотой вспышки

Выполнил:
Кулишов Даниил,
ученик 11 «Б» класса
МБОУ СОШ № 11 г. Пенза

Научный руководитель:
Абросимова
Марина Алексеевна,
учитель физики
МБОУ СОШ № 11 г. Пенза

Пенза, 2025

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Стробоскопический эффект	4
1.1. История открытия стробоскопического эффекта	4
1.2. Определение стробоскопического эффекта и его виды	4
1.3. Принцип работы стробоскопа	5
1.4. Виды стробоскопов	5
1.5. Опасность стробоскопического эффекта	6
1.6. Применение современных стробоскопов	6
1.7. Влияние различных факторов на появление стробоскопического эффекта.....	7
Глава 2. Получение стробоскопического эффекта в домашних условиях.....	8
2.1. Сборка электронного бесцокольного стробоскопа	8
2.2. Расчёт себестоимости.....	8
2.3. Принцип действия электронного бесцокольного стробоскопа.....	9
2.4. Характеристики электронного бесцокольного стробоскопа	9
2.5. Эксперименты	10
Заключение	13
Список использованной литературы и интернет-ресурсы.....	14

Введение

В современном мире, где технологии и инновации играют ключевую роль в нашей повседневной жизни, одним из интересных и увлекательных явлений является стробоскопический эффект. Этот эффект, основанный на особенностях восприятия человеческого глаза, может быть использован в различных областях, таких как искусство, киноиндустрия, дизайн и даже медицина.

Актуальность

Актуальность темы обусловлена тем, что стробоскопические эффекты становятся всё более популярными в современной культуре и могут оказывать значительное влияние на восприятие людей. Понимание принципов и механизмов стробоскопического эффекта позволит более осознанно использовать эти эффекты в различных целях.

Цель:

получение стробоскопического эффекта с помощью самодельного стробоскопа.

Задачи:

- 1) изучить виды стробоскопов;
- 2) ознакомиться с устройством стробоскопов;
- 3) создать установку, генерирующую циклические вспышки света;
- 4) провести ряд экспериментов с установкой.

Гипотезы:

- 1) частота вращения стробоскопа прямо пропорционально зависит от частоты вспышек стробоскопа;
- 2) стробоскопический эффект и вращение цветового круга могут изменять восприятие основных цветов.

Объект исследования: стробоскопический эффект.

Предмет исследования: частота вращения ротора

Методы исследования:

- 1) Эмпирические: наблюдение, проект, эксперимент, изучение литературных источников, самооценка.
- 2) Теоретические: моделирование, сравнение, обобщение, синтез, описание, систематизация.

Глава 1. Стробоскопический эффект

Стробоскопический эффект — это возникновение зрительной иллюзии неподвижности или мнимого движения предмета при его прерывистом (с определённой периодичностью) визуальном наблюдении.

1.1. История открытия стробоскопического эффекта

История открытия стробоскопа тесно связана с развитием науки и технологий в XIX веке. Считается, что первый стробоскопический эффект был описан ещё в 1830-х годах шотландским физиком Джеймсом Фергюсоном. Он экспериментировал со скоростью вращения колёс и заметил, что при определённых условиях они кажутся неподвижными. Однако Фергюсон не смог объяснить этот эффект и не создал работающее устройство.



Рис.1 Джеймс Фергюсон

В 1832 году бельгийский физик Жозеф Плато создал устройство фенакистоскоп, с греческого переводится как обманщик. Он представляет два диска: один - с изображениями одного предмета по кругу с небольшими изменениями, второй имел прорезы по окружности всего диска. Когда один диск вращался относительно другого, создавалась оптическая иллюзия движения изображения.

В 1832 году профессор геометрии Симон фон Штампфер также изобрел аппарат, очень похожий на фенакистоскоп; именно он назвал изобретение «стробоскопом» (от греч. $\sigma\tau\rho\acute{o}\beta\omicron\varsigma$ — «кружение», «беспорядочное движение» и $\sigma\kappa\omicron\lambda\acute{\epsilon}\omega$ — «смотрю»). Два ученых не знали работ друг друга и пришли к созданию данной конструкции каждый своим путём.

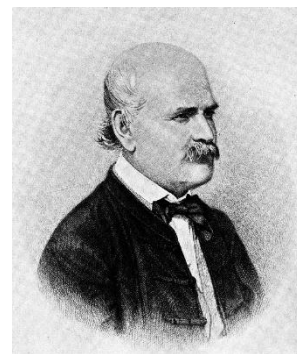


Рис.2 Игнац Земмельвайс

В 1899 году немецкий учёный Игнац Земмельвайс изобрёл прибор, который можно считать предшественником современного стробоскопа. Это была установка для изучения работы сердца и лёгких, которая использовала вспышки света для создания иллюзии медленного движения этих органов.

Однако именно бельгийский инженер-электрик Ирнэ физик, работая над созданием стробоскопов для измерения скорости вращения валов паровых машин, считается изобретателем этого устройства. В 1894 году он запатентовал свой первый стробоскоп, а затем усовершенствовал его конструкцию. Его работы легли в основу современных стробоскопов, которые широко используются в науке, промышленности и развлечениях.

1.2. Определение стробоскопического эффекта и его виды

Стробоскопический эффект заключается в создании ярких, быстро повторяющихся вспышек света и основан на способности мозга воспринимать оптическую иллюзию. Таким образом, стробоскопический эффект — это зрительная иллюзия, при которой объекты, которые быстро движутся, кажутся неподвижными или движущимися в обратном направлении. Это происходит, когда частота мерцания источника света совпадает с частотой вращения объекта или близка к ней.

Ученые различают всего 2 типа эффекта стробоскопа.

Первый тип стробоскопического эффекта возникает, когда частота мерцаний источника света равна частоте вращения объекта. В этом случае кажется, что объект неподвижен или движется в обратную сторону. Этот эффект может быть опасен на производстве, где есть вращающиеся механизмы. Он может привести к неправильной оценке скорости и направления движения объектов, что чревато травмами. Для предотвращения стробоскопического эффекта используются специальные осветительные приборы с высокой частотой мерцания.

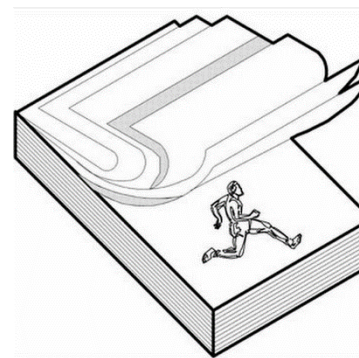


Рис.3. Первый тип стробоскопического эффекта

Второй тип стробоскопического эффекта связан с кратными соотношениями частот мерцания и вращения. Например, если частота мерцания вдвое больше частоты вращения, то будет казаться, что объект движется в два раза быстрее, чем на самом деле. Этот эффект также может приводить к ошибкам в восприятии движения и представлять опасность на производстве.

1.3. Принцип работы стробоскопа

Стробоскоп состоит из источника света (лампы или светодиода), механизма, который обеспечивает быстрое включение и выключение лампы, и механизма синхронизации, который регулирует частоту вспышек в соответствии с частотой вращения объекта. Когда стробоскоп синхронизирован с объектом, он создаёт иллюзию, что объект неподвижен. Это позволяет более точно измерить скорость вращения или другие параметры движения.

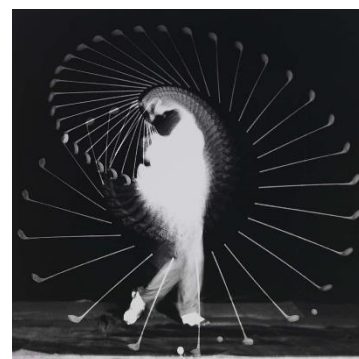


Рис.4. Второй тип стробоскопического эффекта

В основе принципа работы стробоскопа лежит использование коротких световых импульсов, которые освещают объект в определённые моменты времени. Эти импульсы создаются с помощью быстродействующего механизма, такого как вращающийся диск с прорезями или электронная схема. Частота импульсов настраивается таким образом, чтобы она соответствовала частоте вращения объекта. В результате объект, освещаемый стробоскопом, кажется неподвижным, хотя на самом деле он движется.

1.4. Виды стробоскопов

По принципу работы стробоскопы можно разделить на:

- Электронно-оптические, в которых используются затворы светового потока, работающие на различных оптико-электронных эффектах.
- Оптико-механические или тахометры, в которых затвором служит диск с щелями.
- Электронные, частота импульсов которых регулируется импульсным генератором, а источником света служат светодиодные или газоразрядные лампы.
- Осциллографические, область применения которых распространяется на разнообразные исследования электронных цепей.

По особенностям конструкции стробоскопы делятся на:

- Цокольные, такие **стробоскопы** обычно имеют цоколь, который позволяет устанавливать их в стандартные патроны для ламп. Это делает их удобными для использования в различных условиях и местах. Цокольные модели могут иметь различные размеры и формы, что позволяет подобрать оптимальный вариант для конкретной задачи.
- Бесцокольные, такие, как правило, не имеют цоколя и подключаются напрямую к источнику питания. Они могут быть более компактными и лёгкими, что упрощает их транспортировку и установку. Бесцокольные приборы часто используются в профессиональных целях, где требуется высокая точность измерений.
- Суперстробы, работа которых регулируется контроллером. Они выполнены в виде пластиковой трубы длиной до полутора метров, внутри которой находятся 4-8 стробоскопических лампочек, совместная работа которых позволяет создать эффект «бегущего огня». Суперстробы производят вспышки, свет которых виден с расстояния до трех километров, в отличие от других стробоскопов, которые видны с расстояния до одного километра.



Рис.5. Цокольные стробоскопы



Рис.6. Бесцокольный стробоскоп

1.5. Опасность стробоскопического эффекта

Стробоскопический эффект может быть опасен на производстве, где есть вращающиеся механизмы. Он может привести к неправильной оценке скорости и направления движения объектов, что чревато травмами.

Стробоскоп создаёт иллюзию неподвижности или искажённого движения предмета, который на самом деле движется с определённой скоростью. Это может создать опасные ситуации, особенно в промышленности, где необходимо точно оценивать скорость и направление движущихся частей оборудования. Например, если стробоскопический эффект возникает при работе с токарным станком, работник может неправильно оценить скорость вращения заготовки и получить травму. Также возможны ошибки при сборке узлов механизмов, когда из-за стробоскопического эффекта детали кажутся расположенными дальше или ближе друг к другу, чем на самом деле.

Кроме того, стробоскопический эффект вызывает утомление зрения, головную боль, раздражительность, снижение работоспособности.

Для предотвращения стробоскопического эффекта используются специальные осветительные приборы с высокой частотой мерцания. Они обеспечивают равномерное освещение без пульсации светового потока, что позволяет избежать стробоскопического эффекта и обеспечить безопасность работников.

1.6. Применение современных стробоскопов

Современные стробоскопы применяются в различных областях, таких как киноиндустрия, медицина, наука и техника. Они помогают изучать быстротекущие процессы, измерять скорость вращения и создавать специальные эффекты.

В киноиндустрии стробоскоп используется для создания эффекта замедленного движения или «заморозки» кадра. Это позволяет режиссёру акцентировать внимание

зрителей на определённых моментах фильма. В медицине стробоскопический эффект применяется для изучения работы сердца и лёгких. Он помогает врачам увидеть, как эти органы функционируют в реальном времени.

Стробоскопы также используются в науке и технике для измерения скорости вращения валов, шестерней и других механизмов. Они позволяют точно определить частоту вращения объекта и выявить возможные неисправности. Кроме того, стробоскопы могут применяться для создания специальных эффектов на концертах, дискотеках и других развлекательных мероприятиях.

1.7. Влияние различных факторов на появление стробоскопического эффекта.

Стробоскопический эффект может возникать при определённых условиях освещения и движения объектов. Вот некоторые факторы, которые могут влиять на появление стробоскопического эффекта:

- Частота мерцания источника света. Чем ниже частота мерцания, тем больше вероятность возникновения стробоскопического эффекта.
- Скорость движения объекта. Если объект движется с определённой скоростью, а источник света мерцает с той же частотой, то может возникнуть стробоскопический эффект.
- Направление движения объекта. Направление движения объекта относительно направления взгляда наблюдателя также может влиять на возникновение стробоскопического эффекта. Например, если объект движется по кругу, а наблюдатель смотрит в центр круга, то стробоскопический эффект будет более выраженным.
- Яркость и цветность источника света. Яркость и цвет источника света могут влиять на восприятие движения объектов и, следовательно, на вероятность возникновения стробоскопического эффекта.
- Расстояние между источником света и объектом. Расстояние между источником света и наблюдателем также влияет на видимость движения объектов. Чем ближе объект к источнику света, тем выше вероятность возникновения стробоскопического эффекта.
- Характеристики зрения наблюдателя. Индивидуальные особенности зрения человека также могут влиять на его способность воспринимать движение объектов и, соответственно, на возможность возникновения стробоскопического эффекта.
- Угол обзора. Угол обзора также может влиять на видимость движения и вероятность появления стробоскопического эффекта. Если угол обзора слишком мал, то наблюдатель может не заметить движение объекта.
- Контраст между объектом и фоном. Контраст между движущимся объектом и окружающим фоном также может повлиять на видимость его движения и, как следствие, на вероятность появления стробоскопического эффекта.
- Освещённость помещения. Освещённость также влияет на вероятность возникновения стробоскопического эффекта, так как она определяет яркость и контрастность изображения.



Рис.7. Контраст между объектом и фоном

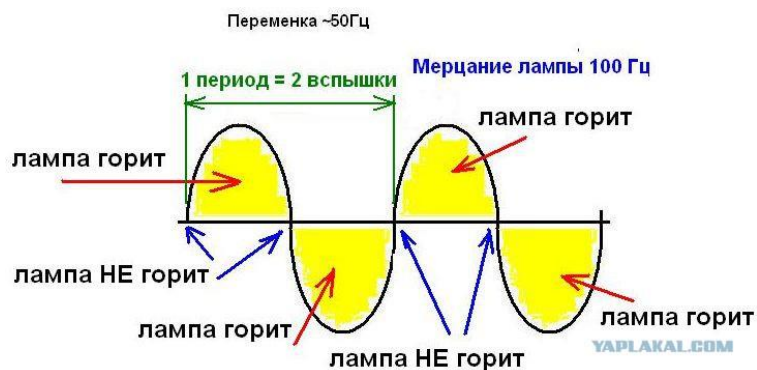


Рис.8. Частота мерцания источника света

Глава 2. Получение стробоскопического эффекта в домашних условиях

2.1. Сборка электронного бесцокольного стробоскопа

- 1) Изготовление железного корпуса.
- 2) Создание откидывающегося корпуса.
- 3) Установка повышающего трансформатора.
- 4) Настройка PWM генератора.
- 5) Установка PWM генератора.
- 6) Создание радиатора.
- 7) Закрепление светодиодной матрицы на радиаторе.
- 8) Установка радиатора на корпус.
- 9) Крепление зарядного устройства.
- 10) Соединение комплектующих друг с другом.
- 11) Пайка соединительных проводов и комплектующих.



Рис.9. Стробоскоп

2.2. Расчёт себестоимости

Компонент	Количество (шт.)	Цена (руб.)
PWM генератор	1	273
Повышающий трансформатор напряжения	1	450
Светодиодная матрица (100Вт)	1	250
Алюминиевая пластина	1	50
Соединительные провода	5	10
Лист железа	1	100
Итого		1133

Таблица №1. Расчёт себестоимости

2.3. Принцип действия электронного бесцокольного стробоскопа

Создание стробоскопа я начал с изготовления корпуса. В качестве материала я взял металл, так как металл — это прочный и долговечный материал, который может выдерживать механические нагрузки и воздействие окружающей среды. Стробоскоп будет часто использоваться в условиях повышенной влажности или запылённости, поэтому важно, чтобы он был устойчив к внешним воздействиям.

Кроме того, металл хорошо проводит тепло, что позволит избежать перегрева прибора при длительной работе. Это особенно важно для стробоскопа, так как он используется для освещения движущихся объектов.

Из листа железа я вырезал 2 детали размерами 10x15 см, 15x13 см, 10x13 см. Составляющие размерами 15x13 и 15x10 соединил железными уголками, эта часть будет служить откидывающейся крышкой стробоскопа. Остальные листы железа также соединил при помощи уголков, с помощью мини дверной петли присоединил крышку к основной части.

Стробоскоп можно питать напряжением от 10 до 13 вольт. Чтобы получить короткие световые импульсы, нужен генератор импульсов. Я взял зарядное устройство с выходным напряжением 12 вольт, так как PWM плата питается от 12 вольт. Светодиодная матрица потребляет от 32 до 36 V, поэтому взял модуль для повышения напряжения. После чего подал на него 12V и, вращая переменный резистор, с помощью мультиметра установил на выходе 34V.

К разъёму повышающего модуля я подключил провода питания контактами VIN + VIN -. От этих же контактов я отвел дополнительные провода к PWM плате. Выход модуля АУТ + подключаем к аноду матрицы, а катод матрицы подключаем к плате генератора.

2.4. Характеристики электронного бесцокольного стробоскопа

Частота вспышек	Вес(гр.)	Напряжение питания	Размер (мм)
1Гц – 150кГц	781	12В	90x130x150

Таблица №2. Характеристики электронного бесцокольного стробоскопа.

2.5. Эксперименты

Эксперимент 1. Эффект левитации капель воды.

Для получения данного эффекта я соорудил деревянный короб с размерами 100х30х20(см). В верхней и задней части короба просверлил отверстие (в них будет вставляться гибкий шланг). Далее закрепил мембранный насос для воды на верхней части короба. К насосу прикрепил шланг и отвел его к верхней и задней части. Таким образом, насос забирает воду снизу и по шлангу поднимает ее наверх, откуда она капает обратно вниз. Вода лилась непрерывной струей, чтобы исправить это я с помощью специальной конструкции сжал шланг в нижней части.

Включив стробоскоп и настроив частоту вспышек, добился эффекта левитации капель, и они стали подниматься вверх.



Рис.10. Отверстие под шланг



Рис.11. Мембранный насос для воды



Рис.12. Стробоскоп и деревянный короб

Эксперимент 2. Эффект ложной частоты вращения ротора.

Чтобы получить этот эффект ложной частоты вращения ротора я построил деревянный короб размерами 15х23х9,5(см), в верхней части проделал круглое отверстие радиусом 2см, в это отверстие вставится мотор. Далее закрепил пластиковую палочку на роторе, а другой конец прикрепил к деревянной линейке, обклеенной бумагой. При частоте вспышек 35Гц создается эффект остановки деревянной линейки, т.к. частота вспышек совпадает с частотой вращения ротора. Меняя частоту вспышек, можно добиться ложной частоты вращения против часовой стрелки, по часовой стрелке и замирания.

Зависимость ложной частоты вращения ротора от частоты вспышек стробоскопа.



Рис.13. Деревянный короб с двигателем



Рис.14. Проведение эксперимента №2

Ложная частота вращения ротора — это вид искажения, возникающего в системах управления вращением, когда измеренное значение частоты вращения ротора отличается от реального значения. Такое искажение возникает из-за стробоскопа, направленного на ротор. Ротор делает приблизительно 2000 оборотов в минуту, найдем его частоту:

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{2000}{60\text{с}} = 33,33\text{Гц}$$

Настраивая разную частоту вспышек на стробоскопе, казалось, что табличка вращается с разной частотой, я высчитал среднее значение ложной частоты вращения ротора при частотах стробоскопа в диапазоне от 31Гц до 36Гц.

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{10}{t}$$

<i>ν вспышек стробоскопа (Гц)</i>	<i>средняя ложная ν ротора (Гц)</i>
31	2,1
32	1,6
33	0,8
34	0,71
35	0
36	0,7
37	1,1
38	1,7
39	2,2

Таблица №3. Значения частоты вспышек стробоскопа и средних значений ложной частоты вращения ротора.



Эксперимент №3. Влияние стробоскопа и цветового круга на восприятие цвета.

Этот эксперимент позволит исследовать, как стробоскопический эффект и движение цветового круга влияют на зрительное восприятие человека. Я создал установку с двигателем, на штоке которого закреплен диск с тремя разными цветами. Когда установка включается, круг начинает вращаться, и мы видим серый цвет (т.к. условия проведения эксперимента неидеальные, мы не можем добиться появления белого цвета). Я поставил стробоскоп напротив крутящегося диска и подобрал частоту вспышек, равную частоте вращения диска. Так мы видим все три цвета. Таким образом, можно сделать несколько выводов:

1. Стробоскопический эффект действительно влияет на восприятие основных цветов, что подтверждает первоначальную гипотезу. Это может быть связано с особенностями работы человеческого зрения и мозга при восприятии быстро меняющихся световых импульсов.

2. Скорость вращения цветового круга также оказывает значительное влияние на интенсивность восприятия цветов. При увеличении скорости вращения цвета могут казаться более яркими и насыщенными.



Рис.15. Цветовой круг в движении во время проведения эксперимента

Заключение

Изучение видов стробоскопов позволило понять, какие существуют разновидности этих устройств и чем они отличаются друг от друга. Были рассмотрены как основные, так и специализированные виды стробоскопов, что дало более полное представление об их функциональности и областях применения.

Ознакомление с устройством стробоскопов помогло понять принципы работы этих приборов. Были изучены основные компоненты стробоскопов и их функции, что позволило лучше разобраться в том, как генерируются вспышки света.

Создание установки, генерирующей циклические вспышки света, было важным шагом в проведении экспериментов. Установка была разработана с учётом полученных знаний о стробоскопах и позволила провести ряд экспериментов с различными параметрами вспышек.

Проведение экспериментов с установкой позволило собрать данные о характеристиках вспышек света и их влиянии на различные объекты и процессы. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований в области оптики, физики, а также в прикладных областях, где применяются стробоскопы.

Таким образом, проведённое исследование позволило глубже понять устройство и принцип работы стробоскопов. Результаты экспериментов могут найти применение в различных областях науки и техники.

Список использованной литературы и интернет-ресурсы

- 1) Клэйборн А. «Изобретения, изменившие мир». Москва: РОСМЭН, 2008.
- 2) 5. Перельман Я.И. «Занимательная физика» ч. 2, ч. 3. Москва: Гостехиздат, 1946.
- 3) 6. Попов Б.В. «Самодельные оптические и электрохимические приборы». Москва:
- 4) Алексеева М.Н. «Физика – юным». Москва: Просвещение, 1980.
- 5) Перельман Я.И. «Занимательная физика» ч. 2, ч. 3. Москва: Гостехиздат, 1946.
- 6) <https://ru.wikipedia.org/wiki>
- 7) <https://stv39.ru/articles/stroboskopy-kakie-byvayut-i-gde-primenyayutsya/>
- 8) <https://dzen.ru/a/YzaJnd9dRks3NJZm>

Рецензия

на научно-исследовательскую ученическую работу
«Получение стробоскопического эффекта с помощью электронного
бесцокольного стробоскопа с регулируемой длиной волны и частотой
вспышки»

учащегося 11 «Б» класса МБОУ средней школы № 11 г. Пензы
Кулишова Даниила

Работа посвящена исследованию возможностей собранного автором стробоскопа с регулируемой длиной волны и частотой вспышки.

В настоящей работе рассмотрена проблема применения стробоскопических эффектов в различных целях, которая указывает на актуальность проводимых автором исследований.

Научно-исследовательская работа имеет четкую структуру: введение, основная часть, заключение, список литературы. Работа написана грамотным научным языком. В введении Кулишов Даниил объяснил актуальность работы, четко сформулировал цель, задачи, выдвинул гипотезу о пропорциональности частоты вращения стробоскопа и частоты вспышек. Введение содержательно и емко. В результате четкого определения цели работы в изложении основной части обнаруживается логика, последовательность. В первой части приведены основные теоретические сведения, необходимые для пояснения поставленных экспериментов. Точно описаны виды и принцип действия стробоскопов. Представлен расчет параметров. Во второй главе автор подробно описывает принцип работы самодельного электронного бесцокольного стробоскопа.

Внесенный в тему и содержание работы элемент занимательности при показе опытов способствует более пристальному вниманию обучающихся к демонстрациям, стремлению применять имеющиеся знания к анализу демонстрируемых явлений.

Несомненно, автор работы – Кулишов Даниил - при разработке, постановке экспериментов и при написании работы проявил качества старательного и грамотного экспериментатора. Его работа «Получение стробоскопического эффекта с помощью электронного бесцокольного стробоскопа с регулируемой длиной волны и частотой вспышки» заслуживает отличной оценки.

Доцент кафедры «Общая физика
и методика обучения физике» ПГУ, к.п.н.

Т.В. Ляпина

