

Творческий проект

Физика

## **КАМЕРА ВИЛЬСОНА**

*Выполнил:*

***Беляев Яков Сергеевич***

*учащийся 11 класса*

*МБОУ «СОШ №46», Россия, г. Калуги*

*Руководитель:*

***Иванова Татьяна Анатольевна***

*Учитель физики*

*МБОУ «СОШ №46», Россия, г. Калуги*

## Введение

Все обучающиеся в школах проходят раздел физики под названием «Электродинамика». В современном мире очень многое зависит от электродинамики, ведь каждый с ней сталкивался в образе электронных устройств или даже обычных проводов. Это довольно сложный и важный раздел для школьников, который для освоения требует много усилий. Для освоения базы электродинамики нужно понять, что во всех процессах связанных с электричеством участвуют заряженные частицы – ионы. Но порой, что бы что то понять, мы должны это увидеть. Однако, ионы очень маленькие, их размер определяют по диаметру и, например, диаметр иона водорода составляет  $106 \cdot 10^{-12}$  м. Понятно, что невооруженным взглядом это увидеть невозможно. Изначально размеры ионов определяли с помощью теоретических формул, но в нашем случае это не играет никакой роли, ведь главное увидеть ионы, понять, что они существуют и они вокруг нас. Так, первым прибором в истории для обнаружения и наблюдения за треками (следами) заряженных частиц стала камера Вильсона. Этот прибор впервые обнаружил и запечатлел следы тех самых мельчайших частиц. И по сей день камера Вильсона является отличным способом для наблюдения ионов, а при современных технологиях этот процесс становится еще проще. Рассмотрение приведенных фактов в совокупности позволяет понять актуальность моего проекта.

Итак, для изучения электродинамики и понимания ее основ нужно понимать какие частицы участвуют во всех процессах, но из-за способностей нашего зрения невооруженным глазом увидеть эти частицы невозможно. Встает вопрос как это сделать и ученые нашли выход-специальные приборы для обнаружения и отслеживания заряженных частиц. К сожалению, в нашем классе отсутствует такой прибор, и школьникам сложно оценить существование заряженных частиц. Для понимания всей проблемы я опросил нескольких учеников, проходящих эту тему на уроках физики и они оправдали мои ожидания. Некоторые ученики не могут свыкнуться с мыслью о том, что

существуют такие частицы, от непонимания у них пропадает энтузиазм продолжать изучение этой темы.

Создав прибор, способный обнаруживать и отслеживать заряженные частицы я помогу школьникам понять, что такие частицы существуют и они среди нас. От этого у них появится мотивация проходить эту тему, а возможно и углубится в нее, до конца понять, что и как работает.

Для решения данной проблемы я поставил перед собой цель сделать прибор для регистрации заряженных частиц и продемонстрировать его в действии.

Для достижения моей цели я поставил перед собой задачи, которые помогут мне дойти до нее. Такие задачи включают в себя обзор литературы по существующим приборам для регистрации заряженных частиц, отбор вариантов способных к реализации, составления плана по сборке прибора, собственной оценке эффективности моего прибора и представления его «целевой аудитории», которой будет являться школьники с 8 по 10 класс, ведь именно там изучается электродинамика.

### **Основная часть**

Камера Вильсона (она же туманная камера) — один из первых в истории приборов для регистрации следов (треков) заряженных частиц. Камера Вильсона сыграла огромную роль в изучении строения вещества. На протяжении нескольких десятилетий она оставалась практически единственным инструментом для визуального исследования ядерных излучений и исследования космических лучей.

Изначально камера Вильсона состояла из камеры поршневого вида, поршня, сосуда и источника заряженных частиц.

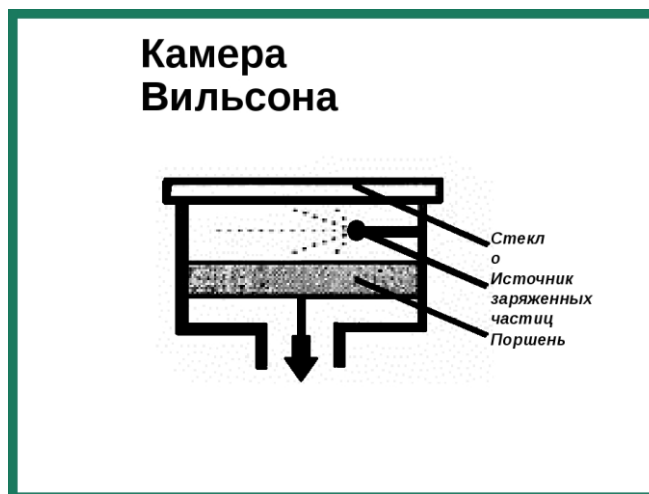


Рис.1 Строение изначальной камеры Вильсона

Камера заполнялась парами спирта, воды или эфира. Вследствие адиабатического расширения пары охлаждались и становились перенасыщенными. Так же имелся фотоаппарат для запечатления следов(треков) частиц.

#### Адаптированное строение камеры Вильсона

Но время не стоит на месте и строение камеры Вильсона совершенствуется. В данный момент существует много способов понизить температуру внутри камеры и получить перенасыщенные пары. К ним относятся охлаждение без изменения объема. Используют сухой лед, азот, снег и элементы Пельтье. Это значительно упрощает работу с камерой, при этом нет механических действий, а значит в камере будет меньше частиц, способных конденсировать на себе пары.



## Рис.2 Строение современной камеры Вильсона

### Сборка камеры Вильсона

На данный момент сборка такого прибора не затруднена и выполнима. Все материалы можно найти в магазинах поблизости. Проведя анализ всех возможных вариаций камеры Вильсона, я выбрал наиболее выгодный и удобный вариант изготовления данного прибора. Ранее упоминалось, что сейчас можно сделать камеру Вильсона без надобности расширения объема сосуда. Основной задачей в камере Вильсона является получение перенасыщенного пара. Из курса физики 8 класса известно, что перенасыщенный пар можно получить охлаждая воздух. При охлаждении давление и плотность насыщенного пара уменьшается, вследствие чего уменьшается температура точки росы. Температура точки росы (иней) по воде; точка росы (иней): Температура, при которой водяной пар, содержащийся в газе, охлаждаемом изобарически, становится насыщенным над водой (льдом) [1, с. 5]. Наиболее практичными способами понижения температуры в камере являются сухой лед, азот, снег и элементы Пельтье. При использовании сухого льда и азота легко достигаются низкие температуры, но при этом их трудно изготовить или приобрести, так же они быстро заканчиваются как и снег. Одним из наилучших способов охлаждения температуры и продолжительного наблюдения за действием камеры Вильсона является использование элементов Пельтье. Такой способ выигрывает в скорости конденсирования паров и длительности наблюдения за процессами происходящими в камере. Так же использование элементов Пельтье минимизирует риск возникновения в камере посторонних центров конденсации, а значит наблюдения за следами (треками) ионов и ядерных излучений будет наблюдаться контрастнее и заметнее. камерой может выступать сосуд с прозрачными стенками и с хорошей изоляцией от внешнего мира, чтобы в сосуд не попадали возможные центры конденсации. Последним этапом в сборке камеры Вильсона является

вливание жидкости, из которой будет идти парообразование. В настоящий момент, для получения перенасыщенных паров в камере Вильсона чаще всего используют спирт.

### Итоги сборки

Собирая все с должным терпением и усидчивостью можно получить удивительные результаты. Таким образом, можно собрать простую камеру Вильсона, ничем не уступающую своему предшественнику и наблюдать завораживающее движение частиц и ядерных излучений. Этот прибор будет замечательно укладываться в лабораторной кабинета физики, и при надобности демонстрировать удивительный эффект ионизации и ядерных излучений.

### Камера Вильсона и значение в мире физики

Камера Вильсона стала для первой половины XX века уникальным прибором, поднявшим престиж физики во всем научном мире. Счетчики позволяют лишь регистрировать факт прохождения через них частицы и фиксировать некоторые ее характеристики. В камере же Вильсона, созданной в 1912 г., быстрая заряженная частица оставляет след, который можно наблюдать непосредственно или сфотографировать. Этот прибор можно назвать окном в микромир, т. е. мир элементарных частиц и состоящих из них систем. [2, с. 288]. Она позволила физикам отследить следы заряженных частиц и представить это открытие обществу. С помощью камеры Вильсона сделали огромное количество открытий, важных для понимания вселенной. Например, используя камеру Вильсона в 1932 году, физик-экспериментатор из США по имени Карл Дейвид Андерсон смог установить содержание в космических лучах позитрона. Это дало огромный толчок в изучении астрофизики. В истории лаборатории Кавендиша, вышедшей в 1910 г., Д. Д. Томсон, бывший в это время руководителем лаборатории, писал об открытии Вильсона: "Мы должны теперь рассмотреть замечательную серию исследований Ч. Т. Р. Вильсона об условиях конденсации воды в обеспыленных газах, насыщенных

водяным паром. Эти исследования не только значительно увеличили наши знания по исследуемой проблеме, но и открыли новый и поразительный метод исследования свойств ионизационного газа".

### Сборка камеры Вильсона

Основной частью камеры Вильсоны является охлаждение, с помощью которого пары спирта начинают конденсироваться в дальнейшем. С охлаждения я и решил начать. Охлаждать камеру Вильсона я решил с помощью элементов Пельтье и водяного охлаждения. Водяное охлаждение у меня составляют 2 алюминиевых радиатора, 3 метра ПВХ шланга и водяной насос. Водяной насос я выбрал марки HAILEA способный перекачивать 650 литров в час и питанием от 220 Вольт. Соединяем 2 радиатора шлангом, 1 конец присоединен к насосу, другой будет выдавать нагретую воду.

Насос опускается в емкость с водой. Для получения наилучших результатов вода должна быть минимальной температуры. Для этого в емкость с водой я опускаю 2 бутылки со льдом и некоторое количество охлаждающих гелей. Такая конструкция будет наилучшим образом отводить тепло. Далее на эти радиаторы методом «бутерброда» я помещаю 8 элементов Пельтье на радиаторы. Внизу располагаются элементы Пельтье марки TEC1-12710 и на них помещаю элементы Пельтье марки TEC1-12706. Таким образом мы получаем температуру в несколько раз меньшую, чем выдает 1 элемент отдельно. Для наилучшей теплопроводности на элементы намазываю термопасту таким образом, что бы между радиатором и элементами была термопаста и между самими элементами была термопаста. Термопасту использовал марки Thermal Grease NY510. Элементы подключаю к компьютерным блокам, желтые провода к красным, черные к черным. Перед этим прочитал на блоках, какое напряжение выдают желтые провода. Для питания элементов Пельтье нужно 12 Вольт, посмотрев это я подключаю элементы к блоку с помощью паяния. После того, как я все припаял и заизолировал я решил провести первый опыт. Подав на блоки питание и

включив насос элементы Пельтье начали работать. Это можно увидеть по тому, как на элементах Пельтье начал образовываться сначала иней, а потом снег.

Это говорит о том, что элементы Пельтье работают правильно, они достигли максимальной отрицательной температуры. Для дальнейшей работы понадобилась форма, куда можно будет поместить радиаторы и элементы пельтье. Материалом для формы я выбрал дерево, так как у дерева маленькая теплопроводность, следовательно потери тепла будут минимальны. Для изготовления формы я пошел в наш кабинет технологии. Расчертил форму, вырезал все компоненты, склеил с помощью ПВЕ клея, вырезал засечки для проводов. Подставка представляет собой платформу, где наклеен квадрат без 1 стороны 8x8 сантиметров. В отверстие без стороны будут опущены шланги для водного охлаждения. Таким образом у меня получилась аккуратная подставка, полностью выполняющая свои функции.

Для подставки по саму камеру я выбрал металл, так как он тонкий, следовательно она будет вровень с самими элементами. Так же металл довольно прочный. Единственный минус – холодопотери, но они не особо велики. Вырезав квадрат с размером деревянной основы и вырезав в нем квадрат со сторонами 8x8 сантиметров она идеально выполняет свои задачи. Далее я вырезал квадрат из черной пленки размерами 11x11 сантиметров и зафиксировал на железном квадрате ее в так, что бы не было складок. Черную пленку я выбрал, потому что на ней будут хорошо видны следы от заряженных частиц, так как я их буду подсвечивать белым светом.

Перед установкой железного квадрата с пленкой я нанес термопасту на элементы Пельтье, для наилучшей теплопередачи. После установки квадрата дополнительно разравнивал термопасту под пленкой, для того что бы в внутри термопасты не было микропузырей, а в дальнейшем не было дополнительных холодопотерь. Основная конструкция готова, осталось сделать саму камеру. После многочисленных опытов я решил делать камеру из мерной емкости,



которую купил в магазине. В нее я поместил 3 светодиода, питанием 12 Вольт, зафиксировал клеем и так же прикрепил козырек, для того, что бы свет падал точно на черную пленку. На дно мерного стакана я приклеил ткани, куда в дальнейшем будет заливаться спирт и уже из ткани конденсироваться на поверхность с элементами Пельтье.

Дополнительно нанеся санитарный силикон на носик и стенки камеры, для того что бы камера была герметична, камера была готова.



Рис.3 Камера Вильсона: общий вид

Рабочим спиртом я выбрал изопропанол (изопропиловый спирт) абсолютированный (безводный) 99.7%.

Дополнительно я нашел источник радиации для наглядной демонстрации работы моего прибора. Источником радиации у меня являются электроды вольфрамовые для сварки с торием марки GCE.

Торий является химическим элементом, слаборадиоактивным металлом. Процент тория в 1 стержне составляет примерно 2%, то есть 0.12 грамм. Из этого следует что он безопасен для работы и для экспериментов в школе.

Предварительно поместив электроды на черную пленку, накрываем их камерой, перед этим пропитанной спиртом и мы можем включать камеру. Камера выходит на рабочий режим в течение 30-40 секунд, после чего вокруг

электродов мы можем увидеть быстро исчезающие белые полосы. Они и будут являться треками(следами) от заряженных частиц.

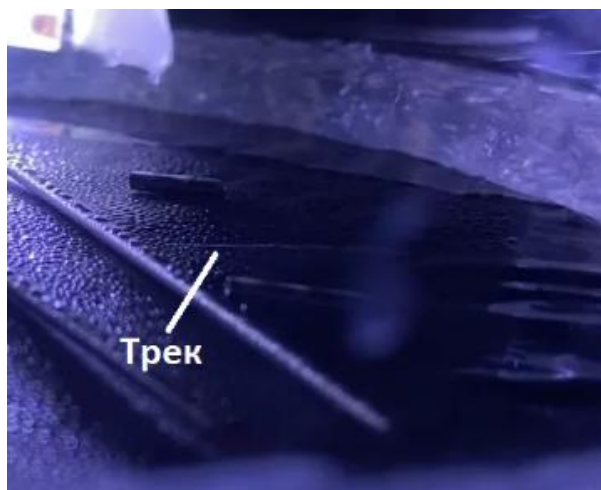


Рис.4 Один из треков в камере

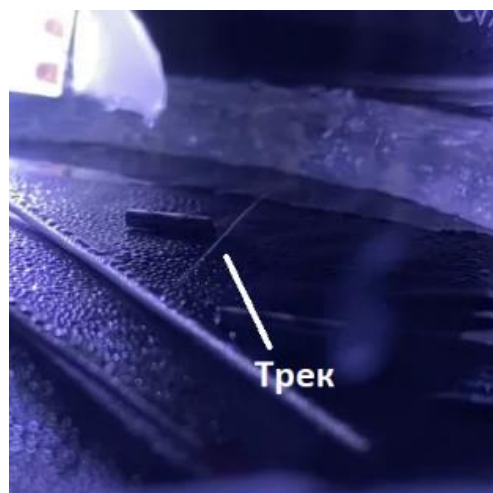


Рис.5 Другой трек в камере



## Рис.6 Исчезающий трек в камере

### Описание камеры Вильсона

В ходе моей проектной деятельности я сделал камеру Вильсона. Она состоит из двух компьютерных блоков, проводов, деревянной подставки, черной пластины, самой камеры из мерной емкости, светодиодов, тканей, радиаторов, нескольких метров ПВХ-шланга, насоса и емкости для воды и льда. Камера Вильсона в разобранном состоянии занимает место площадью 2046 см<sup>2</sup>.

Для питания камере требуется 3 розетки 220 Вольт. Для заправки требуется не более 6 мл изопропилового спирта. Время работы 15 минут, после чего требуется заменить охлаждение и добавить спирт. Все радиоактивные элементы допустимы для изучения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализировав литературу я выяснил, что камера Вильсона необходима для нашего кабинета физики. Она идеально подходит для демонстрации физических процессов и вовлечения учеников в мир физики. Так же я выяснил, что способен на реализацию такого проекта. Просмотрев все варианты, я выбрал наилучший для использования в дальнейшем. Сделав камеру Вильсона я удостоверился в ее работоспособности и в ее безопасности.

Индикаторами моей работы стали:

1. Работоспособность камеры Вильсона.
2. Малая затрата ресурсов для работы камеры Вильсона.
3. Безопасность в ходе эксплуатации.
4. Понятное обоснование природы заряженных частиц и различных распадов.
5. Выгода от собственной сборки камеры Вильсона.

Первый индикатор – работоспособность камеры Вильсона. Наблюдая за работой камеры можно увидеть белые треки(следы) пролетающих заряженных частиц. Это означает, что камера работает и выполняет свою основную функцию.

Второй индикатор – малая затрата ресурсов. Для использования моей камеры Вильсона требуется 3 розетки напряжением 220 Вольт, источник заряженных частиц, холодная вода и 6 мл изопропилового спирта. Все эти компоненты возможно найти в кабинете физики, при необходимости докупить изопропиловый спирт. В остальном-камеры полностью автономна и готова к использованию.

Третий индикатор – безопасность. Основные источники опасности устранены, а именно: все соединения проводов заизолированы, все компоненты безопасны для использования. Основной опасностью становится человеческий фактор, но при использовании учителем а так же использовании школьников под наблюдением учителя такая опасность будет устранена. Таким образом, моя камера Вильсона безопасно для использования в школе.

Четвертый индикатор – понятное обоснование природы заряженных частиц и различных распадов. Сделав камеру Вильсона я предоставил помощь в объяснении природы заряженных частиц, а так же в объяснении существовании таких заряженных частиц.

Пятый индикатор – выгода. В данный момент для приобретения камеры Вильсона для визуализации следов заряженных частиц в школьную лабораторию нужно заплатить около 200 000 рублей. На создание моей камеры я потратил 10 560 рублей, с учетом всех элементов камеры, которые я заменял в ходе ее сборки. Таким образом, я сэкономил некоторую сумму денег из бюджета школы, которая может быть потрачена на другие нужды школы.

Поэтапно выполняя задачи поставленные ранее я собрал камеру Вильсона пригодную для использования в школе. Она питается от обычных розеток напряжением 220 Вольт и готова к работе в школе. Основной

проблемой являлось отсутствие в кабинете физики прибора для регистрации заряженных частиц. Изготовив подобный прибор я облегчил задачу учителю в объяснении природы заряженных частиц и излучении, ребята же могут наглядно посмотреть на природу таких излучений и приблизится в освоении сложной темы из школьного курса физики. Таким образом, я создал пригодный для работе в школе прибор, полностью выполняющий свои задачи и наглядно демонстрирующий треки(следы) заряженных частиц.

Создав камеру Вильсона я предоставил помощь учителю физики и школьникам наглядно изучать заряженные частицы, а так же распады альфа и бета частиц. Камеру Вильсона можно использовать как прибор, наглядно показывающий треки(следы) от заряженных частиц и распадов альфа и бета частиц. Для этого требуется холодная вода, изопропиловый спирт и 3 розетки напряжением 220 Вольт. Так же, камера Вильсона может использоваться в любознательных целях. Например, школьник захотел узнать, излучает ли какие-то частицы интересующий его предмет. Включив камеру и положив туда предмет, можно понять, излучает ли он какие-то частицы или нет. Таким образом, любознательность школьника удовлетворится и он будет дальше искать предметы, излучающие что-либо. Главное условие-это возможность положить этот предмет в саму камеру. При работе с камерой нужно соблюдать все меры предосторожности, такие как правила безопасности в работе с электрическими устройствами, с водой и спиртом. Под наблюдением учителя камера может использоваться школьниками. В ходе эксплуатации стоит не забывать менять ткань, так как со временем она утрачивает свои свойства впитывать спирт. В остатке, камера автономна и ее использование возможно на долгий срок.

Создание камеры Вильсона обязало меня научиться новым навыкам. В ходе работы я научился получать и обрабатывать нужную информацию, отбирать нужное и применять на практике. Я считаю, что это мне понадобится в дальнейшем, при обучении и в работе. Я получил навык в работе с электронными устройствами. Я научился паять провода, понимать их

назначения, различать провода их значению, определяя значение по цветам, изолировать провода. Я получил неоценимый опыт в работе со спиртами. Я научился определять нужные, различать их по составу и находить подходящие. Я начал учиться работе с детьми. Представляя свой прибор школьникам и описывая процессы, происходящие в камере я научился держать дисциплину в классе и быстро находить выход из неординарных ситуаций. Также я понял, каково порой приходится учителям в работе с детьми и сделал некоторые выводы для себя. И конечно, я получил неоценимые знания о заряженных частицах, о их природе и значении в современном мире. Надеюсь, в дальнейшем я свяжу с этим свое дальнейшее образование и работу, тем самым продолжив мою исследовательскую деятельность.

В данный момент работающая модель камеры Вильсона и инструкция по применению находится в школьном экспериментариуме. Инструкция находится в приложении А.

#### Список источников и использованной литературы

1. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения влажности веществ: Термины и определения/Разработаны Восточно-Сибирским филиалом Федерального государственного унитарного предприятия "Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений" (ВС филиал ФГУП "ВНИИФТРИ"), дата введения 2015-08-01, 16 с.

2. Компьютерра [Электронный ресурс]/ науч. журн. о современных технологиях – Электрон. журн. – 1997-2021 – Режим доступа: <https://www.computerra.ru/> . Дата обращения: 15.02.2021