

Муниципальное общеобразовательное учреждение лицей № 42
городского округа Люберцы
Московской области.

Наблюдение за активностью солнца с помощью самодельного регистрирующего устройства

проектная исследовательская работа
учащегося 10 "А" класса

Пичугина Артёма

Куратор проекта
учитель физики
Марков Василий Петрович

г.о.Люберцы
2017-2019 г.

Содержание

	Стр.	
1	Вместо введения. "О проекте".	2 стр.
2	Цели и задачи	3 стр.
3	Глава 1. "История вопроса"	4 стр.
4	Глава 2. "Научные основы"	7 стр.
5	Глава 3. "Технология в проекте"	9 стр.
6	Глава 4. "В ногу со временем"	15 стр.
7.	Глава 5, часть 1. "Результаты исследования"	17 стр.
8.	Глава 5, часть 2. "Учесть ошибки"	21 стр.
9.	Глава 6. "Мои выводы"	25 стр.
10.	Источники информации	26 стр.

О проекте

Идея моего проекта появилась не сразу, как и его конечная цель. Сначала был просто интерес: с раннего детства мы слышим слово "атом" - откуда появилось слово, что же такое этот атом, как он устроен, из чего состоит, что о нем известно, а что еще только изучается учеными. Из прочитанных статей узнал об элементарных частицах - самых маленьких в природе, меньше которых не бывает. Чтоб упорядочить всё что узнал, сделал презентацию и показал в школе. Оказалось, что и узнал и понял далеко не всё...

Значит надо идти дальше. Читал, смотрел научно-популярные фильмы, беседовал с учителями. И постоянно не давал покоя вопрос: - как могли люди столько узнать о частицах столь маленьких, что ни потрогать, ни увидеть вообще не представляется возможным?

Постепенно интерес сместился к устройству приборов и способов исследования микроскопических элементарных частиц. Узнал, что есть прибор - дозиметр (или счетчик радиации), и его можно купить в магазине. А когда мне рассказали о работе счетчика Гейгера и о том, что его можно сделать своими руками, стало ясно - не успокоюсь, пока не сделаю. Ведь это намного интереснее, чем купить в магазине вещь, но не зная, как она устроена и как работает. Чем не цель?

Начал делать, и еще не довел конструкцию до конца, как сработала поговорка - "аппетит приходит во время еды" - и цель опять сместилась куда-то вперед. Пока мы колдовали над электрической схемой, на просторах интернета попался сайт Юрия Закотеева с программой "Радиометр", совершенно бесплатной и предназначенной для автоматизации работы со счетчиками частиц. Теперь понятно - в современном мире надо работать современными средствами. Следующий этап - "подружить" мою конструкцию с программой. Это позволит не только программно переводить показания в мкР/ч, но и автоматически вести журнал измерений, занося их в файл офисного приложения.

Но когда всё было сделано, настроено, и закончено, встал новый вопрос: - "А что, собственно измерять?". Несколько дней я прислонял счетчик ко всему, что попадалось на глаза, а компьютер бесстрастно регистрировал мои "научные подвиги". И результатом регистрации, конечно же, был естественный радиационный фон, немного изменявшийся в зависимости от места и времени суток.

...от времени суток! Вспомнилось, что читал об опытах Беккереля, о Солнце, как мощнейшем источнике радиации, о магнитных бурях. Тут у нас и появилась идея - если ежедневно в одно и то же время в одном и том же месте измерять уровень естественного фона, то можно без помощи телескопов следить за активностью Солнца! Ведь именно Солнце создает львиную долю естественного радиационного фона. Так постепенно проявилась конечная цель исследования, а все предшествующие этапы превратились в череду последовательно решаемых задач.

Цели и задачи проекта

Цель.

Установить возможность наблюдения за активностью Солнца посредством регистрации естественного радиационного фона с помощью счетчика Гейгера.

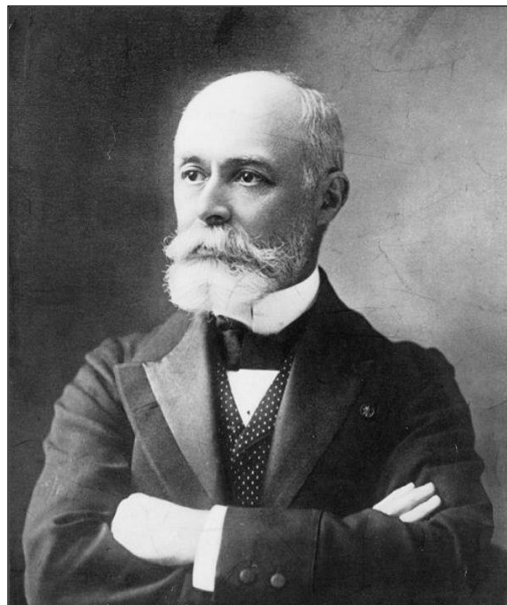
Задачи.

1. Изучить историю открытия и смысл понятия "радиация".
2. Изучить принцип работы счетчика Гейгера.
3. Изготовить практическую конструкцию регистрирующего прибора, приобрести умения в области технологии радиотехнического производства.
4. Провести в течение месяца наблюдения за величиной естественного радиационного фона.
5. Сопоставить результаты измерений с данными, полученными научными астрономическими методами с помощью космической спутниковой системы ТЕСИС (TESIS).
6. Сделать доступные выводы.

Глава 1

История вопроса

20 января 1896 года французский физик Анри Беккерель, по своему обыкновению, отправился на собрание Парижской Академии Наук. Собрание обещало быть интересным: знаменитый математик Пуанкаре получил от самого Вильгельма Рентгена письмо, в котором говорилось о недавно открытых лучах, обладающих способностью проходить сквозь различные тела, а также первые снимки, сделанные не обыкновенными видимыми человеческому глазу лучами, а Рентгеновскими.



Когда в переполненном зале академии наступила тишина, Пуанкаре начал громко читать письмо, а все присутствующие внимательно слушали. По окончании чтений, среди известных парижских учёных, сидевших в первых рядах, началось публичное обсуждение услышанного ими сообщения. В этом обсуждении принял участие и Анри Беккерель. Его заинтересовала та часть Рентгеновской трубки, из которой исходили невидимые глазу лучи. При работе трубки она светилось зеленовато-жёлтым светом, который был похож на свет, испускаемый флюоресцирующими веществами. Флюоресцирующие вещества – это такие вещества, которые при попадании на них солнечных лучей начинают светиться. Известно немало веществ, которые имеют способность флюоресцировать, например - фосфор.

У Беккереля возникла мысль о том, что флюоресценция и рентгеновские лучи взаимосвязаны. Иными словами он предположил, что когда на флюоресцирующее вещество попадает солнечный свет, оно не только начинает светиться, но и испускать X-лучи.

Через несколько дней Анри Беккерель продолжительное время смотрел на солнце. Делал он это не просто так – он хотел доказать своё предположение с помощью опыта, для которого понадобилось флюоресцирующее вещество, фоточувствительная плёнка, а также чёрная ткань и доступ к солнечному свету. В качестве исследуемого вещества он выбрал одно, которое светится ярче остальных – двойную сернокислую соль урана и калия. Он завернул в чёрную ткань фотопластинку, на неё положил лепёшку препарата и выставил всё это на солнце. Через несколько часов проявил пластинку и получил результат, который и ожидал – на пластинке находилось чёрное пятно, форма которого соответствовала данному препарату.

Печатать статью в научном журнале о новом открытом свойстве флюоресцирующих веществ было ещё рано, первый опыт нуждался в неоднократной проверке.

1 марта 1896 года в сонном Париже никто так не ждал восхода Солнца, как Антуан Анри Беккерель...

Наступило утро, но солнце было скрыто за плотным слоем тяжелых облаков. Солнечные лучи не светили в окно кабинета, а значит, флюоресцирующие вещества не смогут светиться, и соответственно, по гипотезе Беккереля – испускать невидимые глазу человека рентгеновские лучи.

В ожидании солнечной погоды учёный решил всё же проявить фотопластину с препаратом, так и пролежавшую все дни на темной полке. На фотопластинке было точно такое же чёрное пятно, как и в первом случае.

Оказалось, что химические соединения урана засвечивают фотопластину и без воздействия Солнца, испуская невидимые лучи, аналогичные рентгеновским. Вскоре выяснилось, что уран разряжает электромметр, то есть делает воздух вокруг этого прибора проводящим.

Так Антуан Анри Беккерель открыл явление естественной радиоактивности.



В последующие годы, на рубеже 19 и 20 веков, трудами выдающихся ученых-физиков был сделан ряд открытий, навсегда изменивших представление человечества о строении и свойствах вещества.

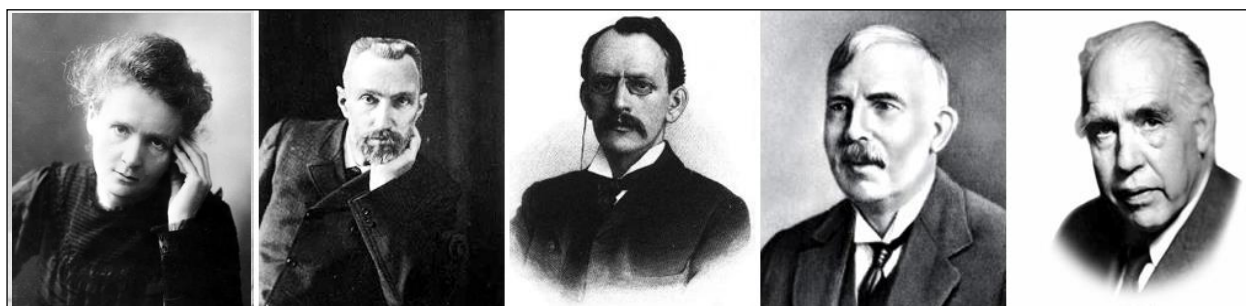
1897-1898г. - открыты полоний, радий - Пьер и Мария Складовская-Кюри.

1899г. - неоднородность радиоактивного излучения - Эрнест Резерфорд.

1903г. - первая модель атома - Джозеф Джон Томсон.

1908г. - прибор регистрирующий потоки радиации - Ганс Вильгельм Гейгер.

1911г. - планетарная модель атома - Эрнест Резерфорд.



Мария
Складовская-Кюри

Пьер Кюри

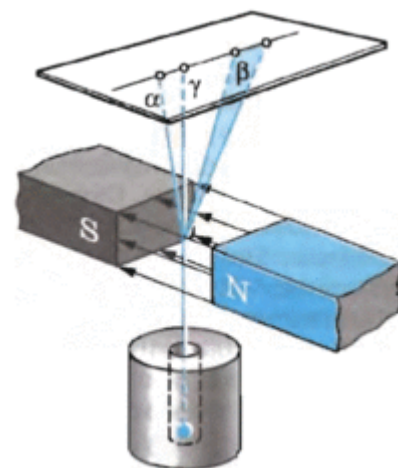
Джозеф Джон
Томсон

Эрнест Резерфорд

Ганс Вильгельм
Гейгер

Первый ответ на вопрос "Что же представляет собой поток радиационного излучения?" был получен в лаборатории Эрнеста Резерфорда в 1899 году.

Смысл эксперимента, описание которого вошло во все современные учебники физики, сводился к следующему: поток радиоактивного излучения, помещенного в магнитное поле, распался на 3 составляющих. Каждый компонент излучения получил условное название: альфа-лучи, бета-лучи и гамма-лучи.



Последующие эксперименты позволили выяснить природу каждого из компонентов.

α -лучи - поток ядер атомов гелия, несут положительный заряд.

β -лучи - поток электронов, несут отрицательный заряд,

γ -лучи - кванты сверхжесткого рентгеновского излучения, имеют электромагнитную природу, электрически нейтральны.

Способность атомов вещества испускать многокомпонентное излучение указывала на их сложное строение. Атомы, некогда считавшиеся неделимыми, оказались состоящими из ещё более мелких частиц (прости, Демокрит Абдерский), получивших название элементарных.

На протяжении всего 20-го века ученые-физики непрерывно совершенствовали знания о строении атома и элементарных частицах. На данный момент науке известны более 350 частиц, каждая из которых имеет свои особенности. Существуют и классификационные группы, составленные по разным признакам: по "времени жизни", по массе покоя, по спину (момент импульса), характеру взаимодействия и др. Установлено, что радиационный луч вовсе не обязательно должен содержать 3 "исторических" компонента - α , β , γ . В составе радиационного потока могут быть любые элементарные частицы в совокупности с γ -квантами, ядрами и ионами атомов.

Отдельный интерес представляют электронные (позитронные) и γ -излучения. Они обладают высокой проникающей способностью, чему способствует малая масса самих частиц. Кроме того, электроны входят в состав атомов, эти частицы отвечают за образование молекул. Обмен электронами лежит в основе всех химических реакций. Высокая подвижность и химическая активность этих частиц приводят к тому, что их потоки могут оказывать сильное воздействие на живые организмы, вызывая ионизацию молекул веществ, входящих в клетки живых тканей. Это приводит к разрушению одних веществ (необходимых для организма) и синтезу химических соединений, вредных для организма. Неконтролируемое излучение может вызвать нежелательные мутации, заболевание и гибель организмов, как в животном, так и в растительном мире. И напротив: умелое, контролируемое использование излучений можно с успехом применять для диагностики и лечения некоторых видов заболеваний, вызывать направленные полезные мутации сельскохозяйственных культур.

Глава 2

Научные основы

Эффективный контроль за β и γ -излучениями можно осуществить с помощью прибора, известного как счетчик Гейгера.

Счётчик Гейгера-Мюллера – это один из важнейших измерительных приборов, служащий для счёта частиц. Как и камера Вильсона, и пузырьковая камера, он является довольно надёжным и известным методом наблюдения и регистрации элементарных частиц.



Идея создания счётчика принадлежит немецкому физика Гансу Вильгельму Гейгеру.

Принцип работы счетчика состоит в регистрации электрических импульсов, создаваемых электронной лавиной в газовой среде, возникающей в результате ударной ионизации атомов газа.

Счётчик состоит из стеклянной трубки (камеры), покрытой изнутри тонким металлическим слоем, который является катодом, то есть отрицательным электродом. По оси трубки расположена тонкая металлическая нить, которая является анодом, то есть положительным электродом. Трубка заполнена газом, обычно инертным аргоном. К камере приложено высокое напряжение (в районе 400 В) для того, чтобы создать мощное электрическое поле между анодом и катодом, которое в состоянии ускорить попадающие в камеру ионизирующие частицы, до энергий, при которых возможна ударная ионизация – процесс выбивания электрона из атома газа со стороны частицы, породившей этот процесс. В результате ионизации получается два электрона и один положительно заряженный ион. В свою очередь, эти электроны ионизируют два других атома, то есть уже в газе появилось четыре свободных электрона. При следующем соударении получается восемь, а потом шестнадцать электронов. Возникает цепная реакция, очень похожая на лавину.

Из-за возникшей лавины ток резко возрастает. Для образования лавины необходимо, чтобы электрическое поле было способно за время между двумя последовательными ударами разогнать



электрон до такой скорости, чтобы его энергии было достаточно для ионизации следующего атома. Тонкая конструкция анода (нить, остриё) нужна как раз для того, чтобы электрическое поле было сильнее.

Как известно, газ является диэлектриком, так как состоит в основном из нейтральных атомов и молекул, не имеющих электрического заряда. Но если газовую среду подвергнуть действию источника энергии - например, нагреть, то можно заметить, что газ, ранее являвшийся диэлектриком, стал проводником, то есть в нём появились свободные электроны. Если теперь создать в таком газе электрическое поле, заряженные частицы придут в упорядоченное движение – то есть, создадут электрический ток. Говорят, что в этом газе из-за воздействия внешнего ионизатора возник несамостоятельный разряд. Так в случае со счётчиком Гейгера - при попадании в камеру ионизирующей частицы, появляется несамостоятельный разряд.



Принципиальная электрическая схема счетчика состоит из последовательно включенных деталей: камеры, источника высокого напряжения и резистора.

Пока тока нет, всё напряжение приложено к камере, электрическое поле имеет максимальную силу. Когда в камеру попадает частица, возникает электронная лавина, в цепи идет ток и создает импульс напряжения на резисторе. Этот импульс и регистрируется индикатором (в простейшем случае – наушником). В этот момент напряжение на камере уменьшается, теперь оно равно разности напряжения источника и напряжения импульса. Сила электрического поля уменьшается, и оно уже не поддерживает процесс ионизации. Так счетчик снова приходит в исходное состояние.

В качестве индикатора используются не только наушники. Это может быть светодиод, стрелочный прибор, более сложная цепь с цифровым дисплеем, и даже компьютер.

Принцип действия счетчика Гейгера лежит в основе конструкций современных регистрирующих приборов (радиометров, дозиметров) научного, военного и бытового назначения.



Современные бытовые дозиметры

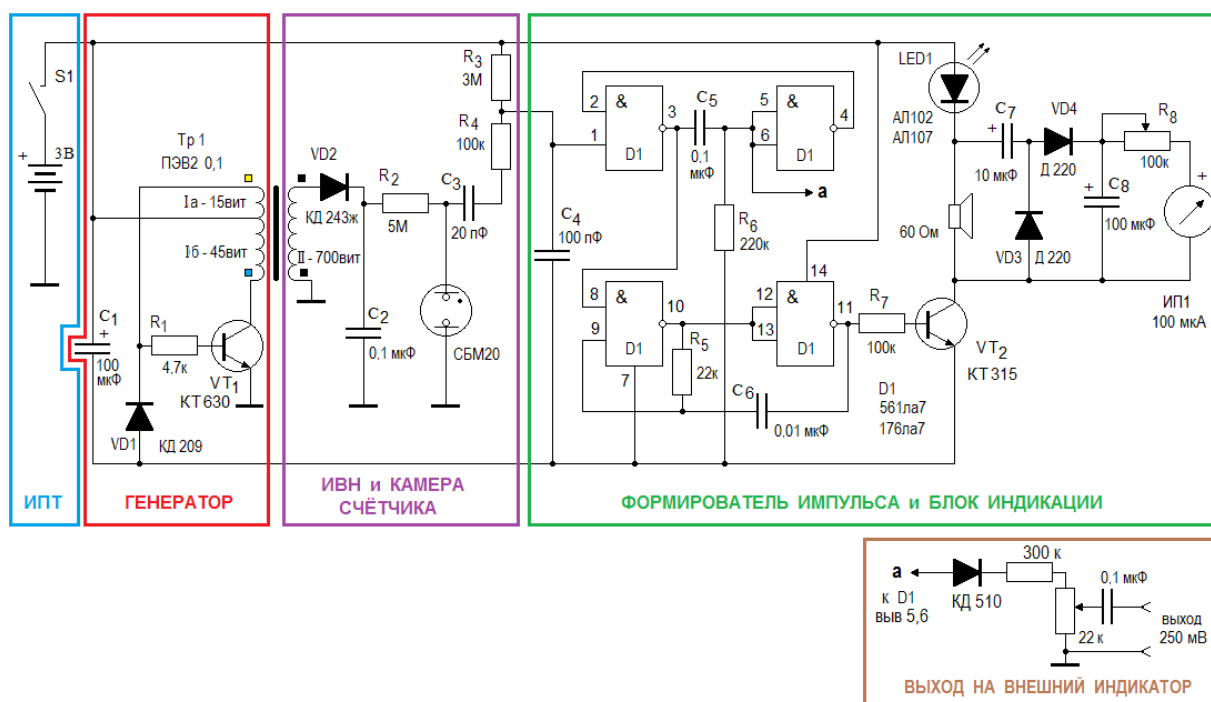
Глава 3

Технология в проекте

Изготовление конструкции прибора можно считать моим первым опытом практической радиотехники. И хотя технология изготовления радиотехнических устройств не является предметом исследования, её описание заслуживает внимания, поскольку от решения технологической задачи зависит сама возможность проведения исследования.

Первый этап - выбор и анализ схемы прибора. Источником для выбора послужил интернет, а основными условиями: отечественные детали, их наличие, степень сложности, возможность внесения изменений, широкий допуск замены элементов и их номиналов.

Схему Счётчика Гейгера мы разделили на пять частей, три из которых более важные, чем две остальные. Первая часть, выделенная синим цветом, обозначена как «ИПТ», то есть источник постоянного тока. Она состоит из двух последовательно соединенных элементов типа 2А (в прежние времена такой элемент назывался "элемент типа 316"), а также выключателя питания цепи.



Вторая часть, выделенная красным цветом - генератор, включающий в себя транзистор VT1, двухсекционную первичную обмотку трансформатора, диод, конденсатор и резистор. Его задача, из постоянного тока, напряжением 3 вольта сгенерировать переменный ток, который нужен для того, чтобы трансформатор преобразовал низкое напряжение первичной обмотки в высокое (400-450 В). Такое напряжение нужно для работы камеры СБМ-20, чтобы создать сильное электрическое поле между анодом и катодом, способное ускорять попадающие в неё ионизирующие частицы до энергий, при которых

возможна ионизация, то есть процесс отделения электронов от атомов газа частицами, имеющими большую кинетическую энергию.

Третья часть, выделенная фиолетовым цветом, называется «ИВН (источник высокого напряжения) и камера счётчика». Дело в том, что у камеры имеется «плюс» и «минус», то есть полярность. Соответственно, ей необходим постоянный ток. К одному из выводов вторичной обмотки трансформатора подключён диод (рассчитанный на обратное напряжение не ниже 600 Вольт), который является преобразователем переменного тока в пульсирующий постоянный. Диод в одном направлении пропускает ток, а в другом нет. Конденсатор С2, за счет долгого времени разряда через высокое сопротивление резистора R2, сглаживает пульсации. (Осциллографические измерения показали уровень пульсаций 0,4 В при постоянном напряжении 450 В, что составляет менее 0,1%)

Остальные две части не так важны. Вместо них последовательно с камерой можно подключить неоновую лампу. При попадании в камеру СБМ-20 ионизирующей частицы, а точнее при ионизации газа этой частицей лампа будет вспыхивать. В принципе, два последовательно соединённых резистора можно убрать.

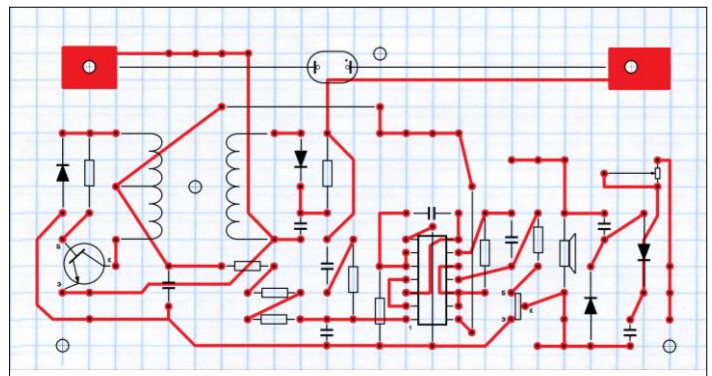
Но вместо неоновой лампы нам понадобился стрелочный прибор, громкоговоритель, а также светодиод. Поэтому появилась четвёртая часть схемы, выделенная зелёным цветом. Называется она «Формирователь импульса и блок индикации». В этой части микросхема формирует электрический импульс, который с помощью громкоговорителя преобразовывается в приятный слуху звуковой сигнал.

Цепь, подключенная параллельно громкоговорителю - блок индикации. Однако, у нашего стрелочного прибора выцвела наклеенная на него шкала. Циферок, которые были на ней ранее, уже не видно. Мы бы не смогли сделать новую шкалу с циферками. Поэтому придумали следующее: на принтере распечатали шкалу, на которой находятся две области. Первая, более длинная и зелёная, обозначает, что уровень радиоактивности в норме. Вторая, менее длинная и красная, обозначает, что радиоактивный фон опасен, уровень радиации выше санитарной нормы (30 мкР/ч).

Возникает вопрос: «Зачем нужна пятая часть схемы, выделенная оранжевым цветом?». Для того, чтобы понаблюдать за солнечной радиацией, решили сделать выход на внешний индикатор, чтобы воспользоваться возможностями компьютерной программы для счёта и анализа импульсов.

Второй этап работы - проектирование печатного монтажа, с изготовлением которого я ни разу не сталкивался.

Тут мне потребовалась помощь куратора – Василия Петровича. В итоге, вместо схемы, расположенной на листе



форматом А4, получилась схема меньшего размера, соответствующая натуральной величине – примерно 5,5 см в ширину и 12 см в длину.

Третий этап заключается в изготовлении самой печатной платы, куда будут впаиваться детали.

Сначала был изготовлен бумажный трафарет, на котором более заметными, чем соединения и схематические изображения радиодеталей, являлись точки – места, куда будут впаиваться радиодетали.

Изготовленный бумажный трафарет был наклеен на покрытую медной фольгой сторону текстолитовой пластины. После этого я вооружился керном и молотком, чтобы нанести разметку отверстий. Совет для начинающих: сила удара должна быть средней, а молотком по керну нужно бить вертикально. Всё это делается для того, чтобы не повредить медную фольгу.



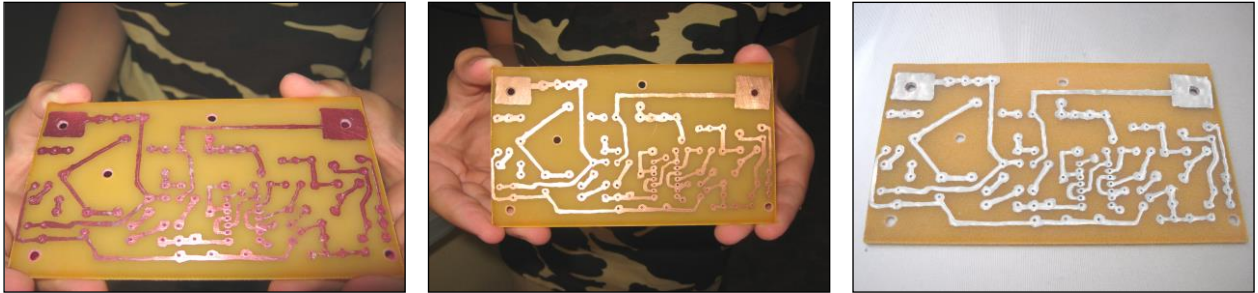
Далее наступила довольно интересная для меня составная часть третьего этапа: с помощью самодельного сверлильного станка нужно было просверлить намеченные керном отверстия. Сверло для этой цели мы использовали очень тонкое. Отверстия, служащие для крепления трансформатора, а также самой платы были просверлены более толстым сверлом

После этого надо было нанести рисунок соединительных дорожек, для того, чтобы после травления на стороне текстолитовой пластины, покрытой медной фольгой остались только своеобразные медные полоски, благодаря которым все радиодетали на плате будут соединены между собой. Ведь изначально вся поверхность этой стороны пластины являлась проводником. Рисунок наносился с помощью стеклянного рейсфедера обычным лаком для ногтей красного цвета, чтоб было удобнее контролировать его соответствие схеме, отсутствие замыканий и разрывов.

Далее ненужные части медной фольги были удалены методом травления в растворе хлорного железа (FeCl_3). По окончании - сушка, удаление лака, зачистка.

Последняя фаза - лужение медных дорожек. Операция необходима для обеспечения быстрой и надежной пайки радиодеталей, позволяющей избежать перегрева. Лужение заключается в покрытии медных проводников тонким слоем олова с помощью жидкой канифоли и небольшого количества припоя. Выполняется с помощью мощного паяльника.

Вот что у меня получилось:



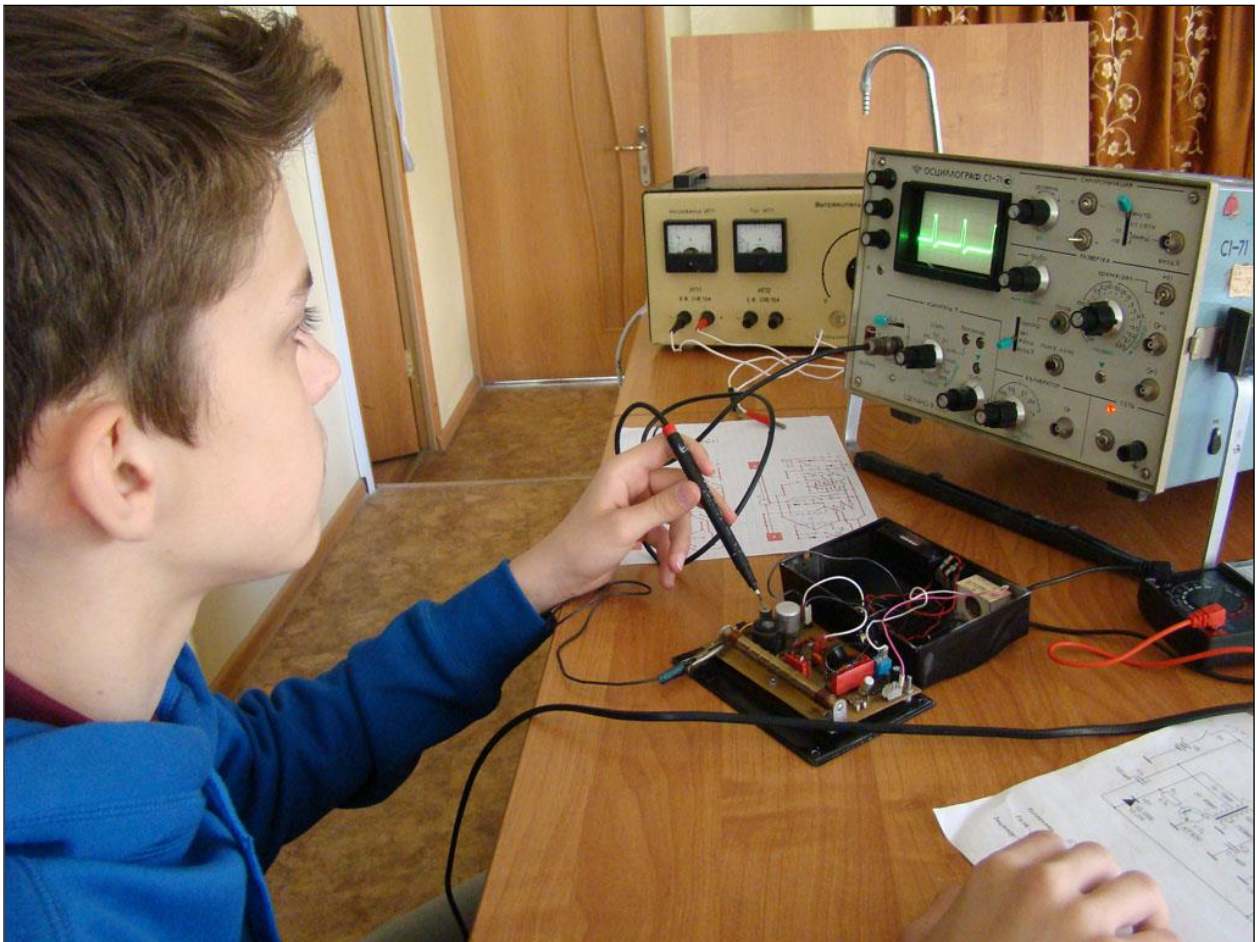
После этого наступил следующий этап – впаивание деталей непосредственно в плату. Именно этот этап, на мой взгляд, самый интересный. Первым делом мы намотали трансформатор. Намотка трансформатора была для нас очень сложным занятием, поскольку диаметр провода в эмалевой изоляции составляет всего лишь 0.1 мм. Детали мы решили чуточку приподнять над платой. Впаять их было несложно – надо было только прикоснуться жалом паяльника до залуженной медной дорожки, а также до залуженного вывода данной детали (резистора, конденсатора, трансформатора, микросхемы и др.).



Ура, готово!

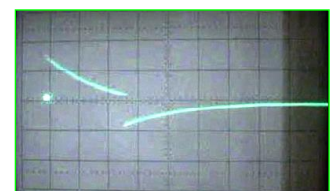
Следующий этап - наладка прибора. Для наладки использовались электронный осциллограф С1-71 и стрелочный авометр УХ-360TR, фотокамера Sony DSC-N9.

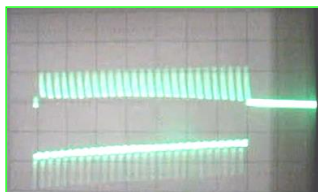
На схеме счётчика Гейгера можно увидеть четыре осциллограммы, то есть четыре графика, полученные при настройке прибора. Ось «х» на экране осциллографа (прибора, который строит этот график) отвечает за время, а ось «у» - за напряжение сигнала. На схеме также отмечены четыре контрольных точки, с которых я брал сигнал. Сначала я решил проверить работоспособность генератор, по этому появилась КТ1 (контрольная точка номер один). Щупом осциллографа я притронулся к корпусу транзистора, то есть к его коллектору (потому что коллектор соединён с корпусом). Параметры довольно красивого, полученного мною сигнала таковы: напряжение – 34 В, частота – 4 кГц.



Сигналы в других контрольных точках не являются периодическими, они появляются на мгновение при срабатывании счетчика. Для того чтоб их рассмотреть пришлось делать видеосъёмку экрана и потом "вылавливать" соответствующий стоп-кадр.

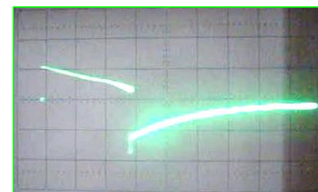
КТ2 - выход формирователя импульса (2 верхние секции микросхемы), запускающего звуковой генератор: напряжение импульса – 7 В, время – 14 мс.





КТ3 - на коллекторе транзистора VT2 в течение 14 миллисекунд формируется звуковой импульс (генератор звука собран на 2 нижних секциях микросхемы) с частотой 700 Гц и напряжением – 4В.

КТ4 - точка даёт максимальное значение сигнала, которое можно получить на выходе счетчика для внешней регистрации: напряжение – 0,2 В, время – 14 мс.



Настал долгожданный момент: счётчик, плату, выключатель, батарейный отсек и корпус со встроенным светодиодом надо было превратить в законченный измерительный прибор. Плату закрепил, выключатель установил, индикатор прикрутил, провода соединил, корпус покрасил.



Можно приступать к исследованиям!

Глава 4

В ногу со временем

Просматривая разные источники информации в процессе работы над конструкцией счетчика, я натолкнулся на сайт сотрудника кафедры радиобиологии Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии (МГАВиБ) Юрия Закотеева <http://louvaahmar.narod.ru/progi/myprog/>.

На сайте автор разместил написанную им компьютерную программу "Радиометр-дозиметр" предназначенную для счёта импульсов от различных счётчиков ядерных излучений. Программа сразу привлекла внимание целым рядом достоинств. Она проста и интуитивно понятна, использует русский язык, гибко перестраивается для работы с приборами, имеющими разные типы регистрирующих камер, автоматизирует измерения в широком временном диапазоне и позволяет сохранять результаты измерений в файлы офисных приложений Word и Excel. Но самое главное – программа использует подключение по входу звуковой карты. Это удобно тем, что допускается широкий диапазон уровней входящих сигналов: звуковые карты уверенно принимают сигналы в диапазоне от 20 до 250 мВ. Кроме того, нет необходимости в написании специальных драйверов, обеспечивающих протоколы обмена данными (например, для шины USB).



Внешний вид интерфейса программы «Радиометр-дозиметр»

Ниже приведено назначение органов управления и индикаторов программы.

"**Пуск**" - запускает захват от звуковой карты, запускает режим счёта.

"**Стоп**" - останавливает захват звука и счёт импульсов.

Панель "Калибровка" содержит компоненты, относящиеся к калибровке счётчика:

"**Фон**" - сюда можно задать собственный фон (шум) счётчика, при обработке результатов он будет вычитаться.

"**Чувствительность**" - задаёт коэффициент пересчёта, на который нужно умножить показания счётчика (в импульсах в секунду) чтобы получить значение измеряемого уровня радиации в мкР/ч. По умолчанию стоит "40" - для пересчёта показаний со счётчиков СБМ-20 и СТС-5 в микро-Рентгены в час.

"**Дискриминатор**" - здесь задаётся пороговая амплитуда импульса (в дискретах, теоретически может быть от 1 до 127, устанавливается по факту уверенной регистрации показаний счетчика).

"**Полярность**" задаёт полярность приходящих импульсов.

Для визуализации используется осциллограмма, во время работы она обновляется каждые 5 секунд, и располагается под панелью "Калибровка".

"**Время счёта**" - задаёт нужное время счёта импульсов.

"**Показания**" – панель, служит для индикации результатов: Вверху, крупным шрифтом - уровень радиации в искомым единицах. Обновляется по окончании счёта. Под ним - показания счётчика в импульсах в секунду. Обновляется по окончании счёта. Ниже - текущее значение счёта. Обновляется каждые 5 секунд.

"**Регистрация**" – панель, содержит компоненты для отправки результатов во внешние приложения. Данная программа может отправлять полученные результаты во внешние приложения.

Флажок "**Вкл**" делает активными комбинации "горячих клавиш":

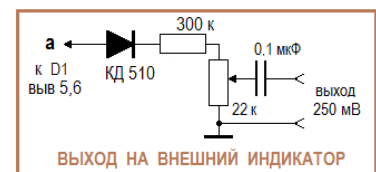
Ctrl + Q включает отправку.

Ctrl + S выключает отправку.

Флажки "**имп/с**" и "**мкР/ч**" включают в отправку показания счётчика в выбранных единицах.

Флажок "**Выборка**" - включает ограничение по выборке. Если он включён, то отправка выключится автоматически, после того, как будет отправлено количество значений, указанное в поле, расположенное ниже.

Для того чтоб обеспечить согласование счетчика Гейгера с входом звуковой карты и использовать программу «Радиометр-дозиметр», схема счётчика была дополнена блоком выхода на внешний индикатор. Он представляет собой делитель напряжения, обеспечивающий на выходе напряжение импульса до 200 мВ. Диод задает полярность импульса, конденсатор отфильтровывает постоянную составляющую сигнала.



Глава 5, часть 1

Результаты исследования

Для того чтоб обеспечить по возможности более точные результаты я поступил так. Ежедневно с 12.00 проводил 12 измерений с интервалом в 5 минут, в течение 1 минуты каждое измерение. На это уходит чуть больше одного часа. Потом из 12 результатов отбрасывал два - самое большое и самое маленькое. Так делают потому, что чрезмерно большие или маленькие результаты измерений могут быть вызваны случайными ошибками: сбоем в аппаратуре, всплеском измеряемой величины под воздействием случайной причины, собственной ошибкой того человека, который проводит эксперимент. Потом находил среднее арифметическое значение из оставшихся 10 чисел.

Ниже приведена таблица полученных мною результатов в августе 2017 года.

даты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Значения (мкр/ч)	13,10	10,10	11,37	16,50	14,10	15,20	16,43	15,87	9,30	10,50	10,10
	12,00	11,37	9,43	15,73	15,37	12,40	14,03	10,33	8,10	10,84	9,67
	12,90	10,56	8,56	18,00	15,62	15,10	13,91	12,56	9,67	9,60	8,65
	13,90	12,78	8,78	14,48	13,41	17,80	13,43	9,93	9,00	11,91	9,14
	14,01	8,97	11,25	13,41	17,04	14,41	13,11	12,41	7,88	15,22	13,79
	15,37	10,03	10,20	17,10	7,46	12,01	15,86	14,38	9,50	11,48	10,58
	13,40	9,14	10,50	16,87	12,35	14,37	14,12	11,02	13,47	13,39	12,13
	12,90	9,10	11,10	17,46	15,60	15,82	16,03	12,00	13,00	9,61	13,68
	11,08	8,06	7,81	15,58	14,78	18,34	15,34	10,90	12,83	10,30	8,30
	13,90	10,00	7,77	16,30	15,10	15,10	13,69	15,01	8,00	11,49	9,73
	12,30	8,40	9,98	13,45	12,60	13,15	13,80	14,20	9,52	11,80	9,20
14,99	12,53	8,59	16,73	17,38	16,65	16,29	12,19	7,31	14,68	8,52	
среднее	13,34	10,02	9,62	16,02	15,10	15,00	14,65	12,50	9,68	11,60	10,14

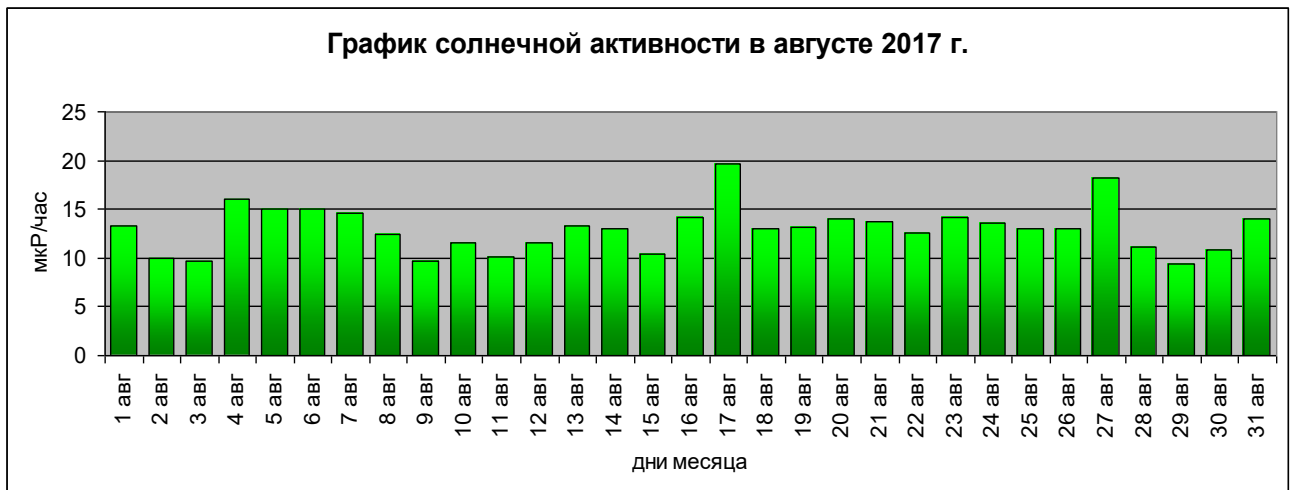
даты	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Значения (мкр/ч)	9,04	12,90	12,70	13,04	14,70	17,48	14,90	18,61	13,39	13,50	11,08
	13,96	15,80	13,14	9,00	13,78	16,27	16,91	14,45	13,01	14,83	11,42
	11,30	12,20	15,44	9,67	12,50	16,51	14,28	16,69	13,83	16,83	12,69
	10,00	12,87	13,80	8,63	14,10	20,36	11,50	15,09	12,58	11,90	15,04
	11,00	13,91	12,90	9,29	15,03	17,88	13,14	13,77	13,17	16,70	10,85
	10,62	14,27	15,20	10,11	13,90	20,11	11,79	16,60	15,32	14,59	13,74
	13,78	13,40	11,61	12,05	15,99	15,10	14,58	15,10	13,55	14,00	14,92
	9,89	13,42	13,34	10,40	10,51	17,91	16,88	18,00	12,00	13,10	12,77
	12,30	13,71	12,22	9,89	14,00	15,40	12,99	13,10	17,60	15,60	11,11
	10,60	12,40	12,70	11,48	11,70	17,93	14,00	12,71	15,35	11,07	10,05
	12,10	13,92	11,00	8,70	13,40	17,39	13,60	14,22	17,93	14,70	13,30
13,91	11,47	12,39	12,61	14,58	19,22	14,54	16,78	10,71	12,48	14,12	
среднее	11,55	13,30	13,00	10,42	14,20	17,61	14,07	15,38	13,98	14,14	12,60

даты	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Значения (мкр/ч)	10,55	12,11	12,25	13,49	22,15	6,88	7,12	12,80	14,01
	10,21	12,91	13,19	9,77	25,90	14,17	8,33	12,01	11,91
	10,41	14,43	13,27	11,22	19,41	10,88	14,34	10,41	13,45
	12,39	14,00	11,04	11,56	12,31	10,12	9,69	8,44	10,66

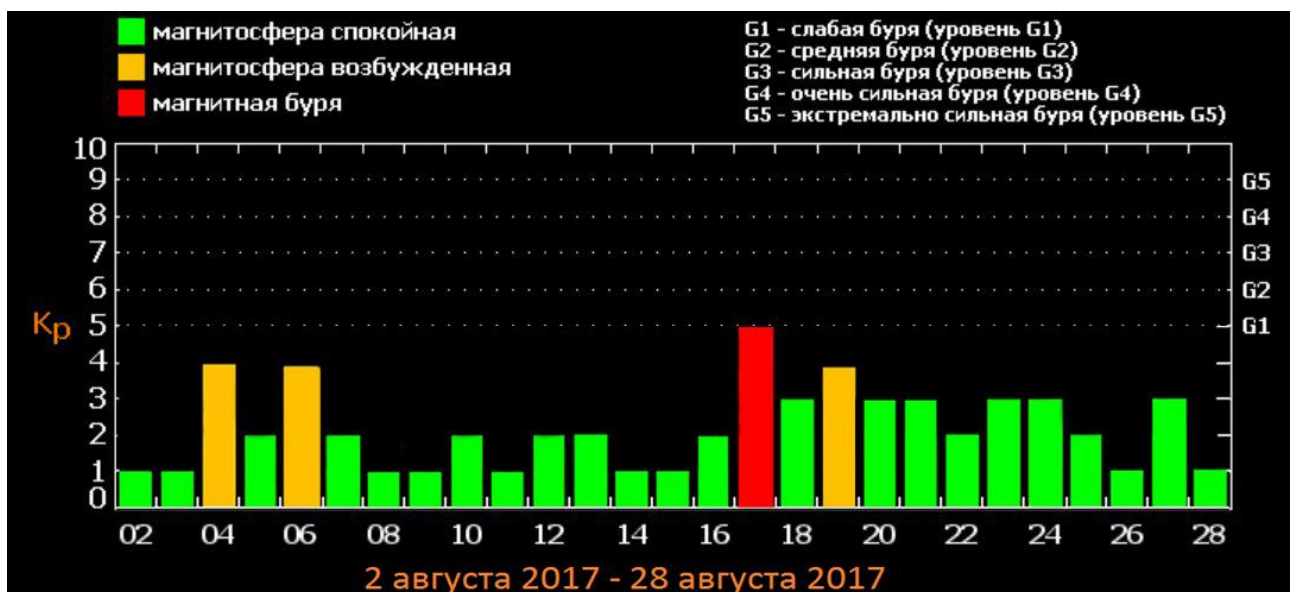
	18,11	19,12	9,01	17,20	12,36	12,12	10,11	10,31	12,76
	17,41	15,50	16,39	12,16	12,35	12,45	8,35	15,21	16,04
	15,33	13,51	16,45	15,63	20,10	11,11	10,49	10,16	13,22
	15,03	10,22	19,36	15,25	17,98	12,08	10,14	8,44	19,03
	19,21	7,77	15,21	13,14	17,22	8,17	11,91	8,44	14,14
	13,41	19,19	10,33	13,14	25,13	10,01	10,34	10,52	16,08
	19,04	11,06	9,18	10,27	20,08	14,05	7,72	11,51	11,14
	10,52	13,24	12,69	14,44	15,52	10,91	6,13	14,50	17,75
среднее	14,22	13,61	13,00	13,03	18,23	11,19	9,42	10,91	14,05

- отброшенные значения.

На основании полученных средних значений радиационного фона построен график солнечной активности в период с 1 по 31 августа. Средство построения - программа Microsoft Office Excel.



Теперь остается выяснить, насколько полученные результаты могут оказаться справедливыми. Для этого нужно сравнить их с каким-нибудь эталоном, результатом независимых измерений. Такие результаты мы нашли на сайте <http://www.thesis.lebedev.ru/>.



ТЕСИС (TESIS) - это комплекс космических телескопов для исследования Солнца, который установлен на борту российского спутника Коронас-Фотон. Запуск аппарата Коронас-Фотон состоялся 30 января 2009 года с космодрома Плесецк Архангельской области.

Обсерватория ТЕСИС разработана в Лаборатории рентгеновской астрономии Солнца ФИАН им. П.Н. Лебедева. Целью исследований ТЕСИС является наблюдение Солнца, непрерывное слежение за его активностью и получение ответа на актуальные вопросы физики Солнца, такие как проблема нагрева солнечной короны, механизм солнечных вспышек, природа солнечного цикла и другие. В ходе эксперимента ТЕСИС должны быть получены до миллиона новых изображений Солнца, многие из которых будут открыты для просмотра через базы данных обсерватории ТЕСИС, фото и видео галереи.

График, полученный с сайта, показывает уровень солнечной активности и магнитных бурь.

Можно заметить общую похожесть двух графиков. В дни, когда система ТЕСИС регистрировала всплески солнечной активности и магнитные бури (4-6, 17 и 27 августа), счетчик Гейгера показывал более высокие значения уровня естественного радиационного фона. Но меня огорчает, что нет полного совпадения (а так хотелось!).

Однако оказалось, что есть хитрый математический способ узнать, насколько велика степень совпадения результатов. Надо вычислить математический показатель, который называется коэффициентом корреляции. Это число, которое показывает насколько изменение одной величины "x" соответствует изменению другой величины "y". (В нашем случае "y" это результаты измерения фона счетчиком Гейгера, а "x" данные с графика солнечной активности ТЕСИС). Если коэффициент корреляции равен "1" то между величинами есть "жесткая" связь, и её можно даже выразить какой-нибудь формулой. Если он равен "0" то изменения двух величин никак не связаны, каждая меняется сама по себе, независимо от другой. Если вычислить этот коэффициент для моих результатов, то можно судить, насколько самодельный счетчик Гейгера пригоден в качестве прибора для наблюдения за активностью Солнца.

даты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТЕСИС "x"	2	1	1	4	2	4	2	1	1	2
Счетчик "y"	13,34	10,02	9,62	16,02	15,10	15,00	14,65	12,50	9,68	11,60

даты	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ТЕСИС "x"	1	2	2	1	1	2	5	3	4	3
Счетчик "y"	10,14	11,55	13,30	13,00	10,42	14,20	17,61	14,07	15,38	13,98

даты	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ТЕСИС "x"	3	2	3	3	2	1	3	1	1	1	5
Счетчик "y"	14,14	12,60	14,22	13,61	13,00	13,03	18,23	11,19	9,42	10,91	14,05

Для вычисления коэффициента корреляции использован калькулятор на сайте <http://planetcalc.ru/527/>.

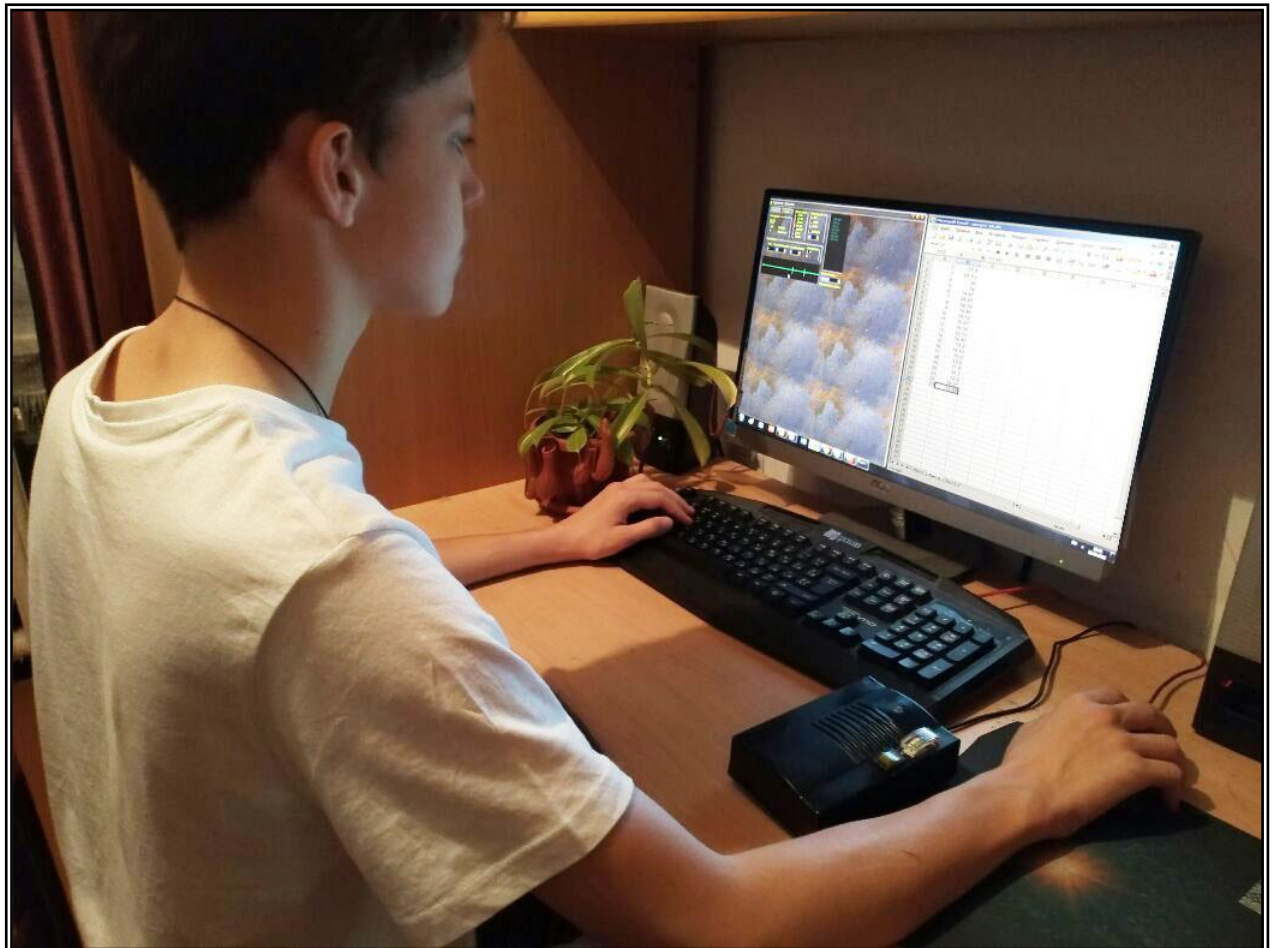
Ввёл пары чисел в калькулятор... коэффициент корреляции равен 0,7436. Это не "1", но приятно видеть, что степень совпадения более 74%.

Одной из причин, повлиявших на результат, следует считать нарушение чистоты эксперимента.

Во-первых, я не всегда успевал включить прибор точно в одно и то же время - домашние дела иногда отвлекали.

Во-вторых, счетчик не находился всегда в одном месте - иногда я клал его ближе к Солнцу на подоконник, и даже пару раз выносил на балкон. Ошибочность этих действий выяснилась только при анализе результатов, после того как они уже были получены, а изменить или перемерять что-либо уже невозможно.

Третья причина может заключаться в том, что спутниковые измерения делаются из космоса, а мои измерения проводились на поверхности Земли.



«Домашняя работа»

Глава 5, часть 2

Учесть ошибки

Чтоб повысить точность измерений, было необходимо повторить цикл измерений с учетом требования чистоты эксперимента – всегда точно в одно время и точно в одном месте. Наиболее «выгодное» время – полдень, но... начался новый учебный год. Провести целый месяц измерений в таком режиме никак не получалось. Пришлось снова ждать лета. И вот август. Ежедневно с 1 по 30 августа, начиная с 12.00, в течение часа я опять измерял уровень радиационного фона.

Ниже приведена таблица полученных мною результатов в августе 2018 года.

даты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Значения (мкр/ч)	8,9	12,4	10,1	11,8	12,5	8,1	15,9	3,2	10,5	9,3
	9,6	14,1	12,2	13,5	11,5	9,9	8,2	14,3	13,6	10,6
	12,2	15,1	12,9	13,2	12,8	6,3	9,6	12,1	16,0	12,3
	10,2	9,2	14,4	8,8	8,7	6,9	10,5	11,6	15,1	10,5
	11,2	11,6	16,0	11,2	13,3	8,2	10,7	13,6	12,1	12,8
	9,4	11,5	14,2	12,6	13,2	12,2	4,4	12,9	14,3	8,5
	10,4	8,5	12,5	9,5	10,5	6,3	7,8	12,9	13,6	14,8
	9,3	12,9	12,5	9,8	12,2	6,2	11,4	10,5	13,1	9,4
	8,4	11,5	11,8	11,4	11,9	5,3	9,5	11,3	7,5	7,8
	9,5	13,0	18,2	12,0	15,8	7,5	11,8	13,3	9,4	9,9
10,3	13,2	13,3	11,7	14,8	7,9	9,5	9,7	10,8	10,1	
8,8	12,6	14,2	14,4	12,4	5,2	9,3	13,1	12,2	11,6	
среднее	9,76	12,2	13,4	11,67	12,51	7,26	9,83	12,1	12,47	10,5

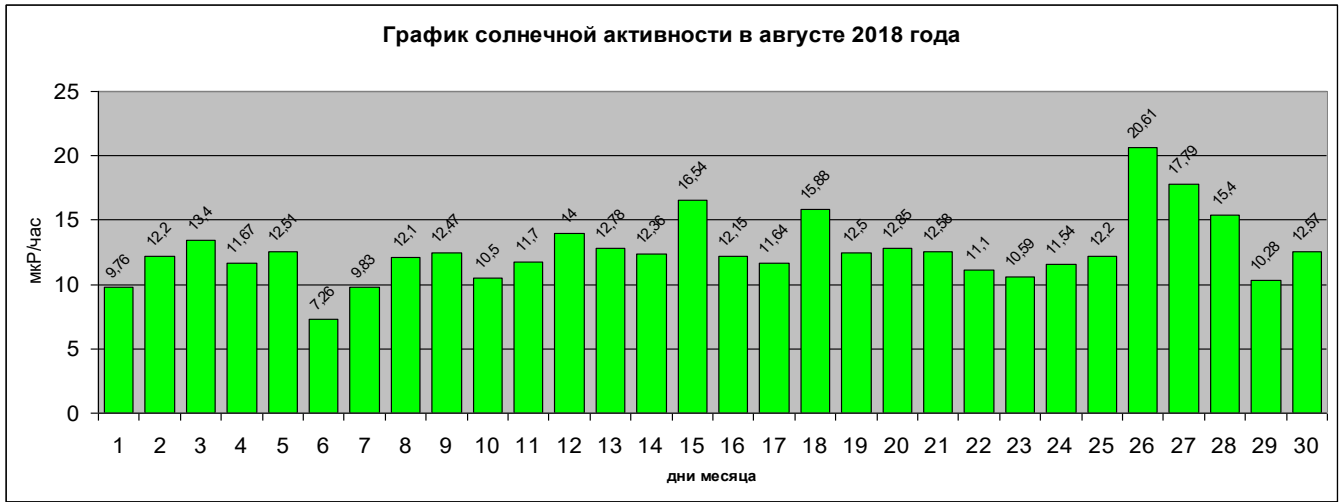
даты	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Значения (мкр/ч)	14,3	15,2	13,8	12,4	19,4	26,4	10,2	15,2	13,2	11,8
	13,2	12,3	12,1	15,2	17,4	14,2	12,3	16,4	13,2	11,9
	11,2	14,3	11,3	12,1	15,1	10,3	10,1	18,7	15,2	8,8
	11,2	10,1	14,5	10,8	22,6	10,9	11,9	15,4	16,9	15,2
	9,5	14,0	12,0	12,8	16,5	11,5	12,6	18,7	11,8	13,5
	10,4	11,8	8,3	14,2	15,6	10,3	10,8	14,8	10,4	10,4
	11,5	16,7	12,3	14,2	16,3	9,2	13,5	14,9	12,0	17,4
	9,5	15,2	21,4	12,3	14,4	13,1	13,5	15,8	11,0	12,6
	14,8	14,7	13,5	11,6	17,0	12,4	7,8	13,9	13,7	13,4
	12,2	13,4	14,8	11,1	10,8	14,5	17,3	16,0	12,4	14,5
10,9	19,5	15,2	10,6	17,4	9,8	12,9	15,5	10,4	12,7	
12,6	12,4	6,6	12,1	16,3	14,5	8,6	16,1	12,1	12,5	
среднее	11,7	14,0	12,78	12,36	16,54	12,15	11,64	15,88	12,5	12,85

даты	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Значения (мкр/ч)	21,1	5,6	13,4	10,8	12,1	21,4	21,1	15,5	18,1	11,6
	14,1	7,0	12,2	15,8	12,2	26,2	19,8	15,8	10,5	12,6
	10,3	8,2	9,2	11,4	11,6	22,4	16,4	24,2	11,7	14,9
	12,5	10,0	10,2	13,8	12,2	25,4	15,1	19,2	10,2	16,5
	11,0	13,5	15,5	10,5	14,4	28,7	14,4	17,1	8,3	12,2

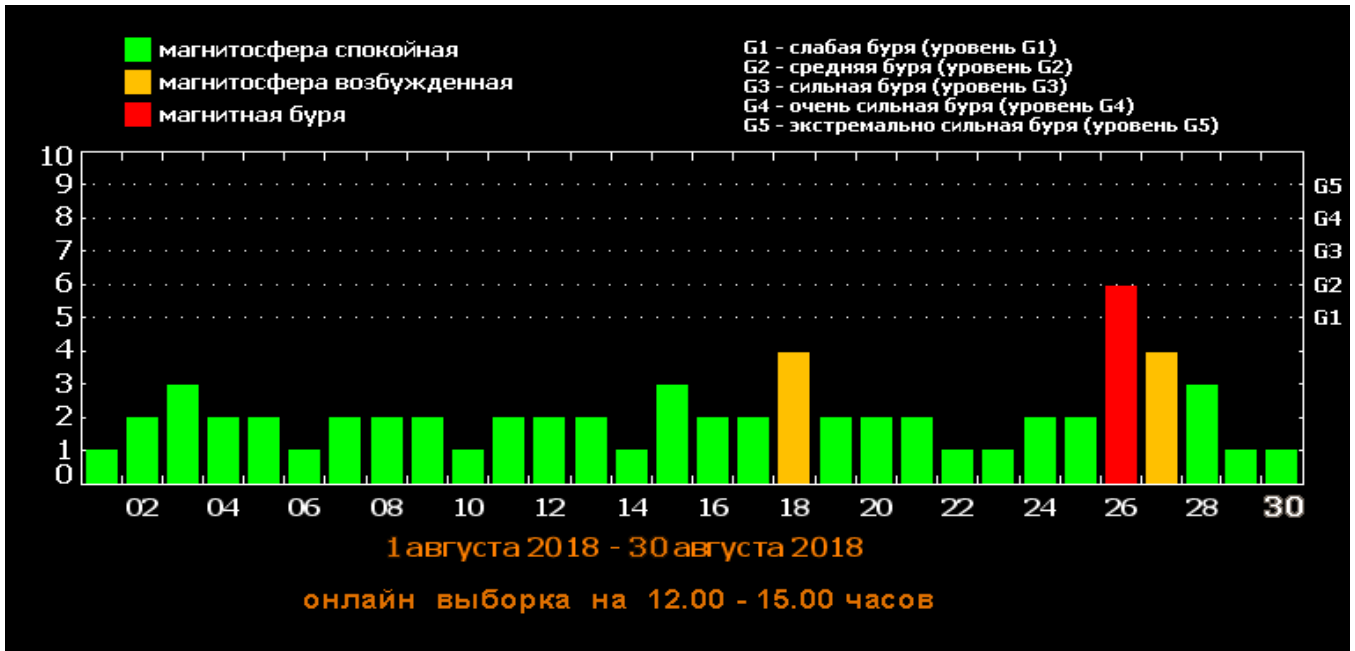
	13,5	13,4	8,5	8,2	14,6	16,4	17,2	15,5	10,1	15,3
	12,1	12,4	9,3	8,2	24,5	15,6	17,5	13,5	9,8	13,3
	13,6	11,8	7,8	12,8	10,2	14,6	20,4	13,2	11,0	5,2
	10,3	10,2	5,1	13,6	10,5	16,5	15,5	12,5	6,6	9,5
	12,5	9,9	12,0	10,5	11,6	17,6	14,0	12,6	10,6	12,8
	11,2	14,6	13,8	11,6	11,5	19,7	22,5	13,3	10,2	13,4
	15,0	18,8	9,5	12,2	11,3	24,9	20,8	18,3	10,4	10,1
среднее	12,58	11,1	10,59	11,54	12,2	20,61	17,79	15,4	10,28	12,57

- отброшенные значения.

На основании полученных средних значений радиационного фона построен график солнечной активности в период с 1 по 30 августа. Средство построения - программа Microsoft Office Excel.



Для оценки степени достоверности опять сравнил полученные результаты с данными спутниковой системы ТЕСИС за этот период времени.



Огибающая обеих диаграмм опять выглядит похожей. Но для более точного анализа снова вычислим коэффициент корреляции (<http://planetcalc.ru/527/>).

даты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТЕСИС "x"	1	2	3	2	2	1	2	2	2	1
Счётчик "y"	9,76	12,2	13,4	11,67	12,51	7,26	9,83	12,1	12,47	10,5

даты	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ТЕСИС "x"	2	2	2	1	3	2	3	4	2	2
Счётчик "y"	11,7	14,0	12,78	12,36	16,54	12,15	11,64	15,88	12,5	12,85

даты	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ТЕСИС "x"	2	1	1	2	2	6	4	3	1	1
Счётчик "y"	12,58	11,1	10,59	11,54	12,2	20,61	17,79	15,4	10,28	12,57

Ввёл пары чисел в калькулятор... коэффициент корреляции равен 0,8367 !

Соответствие результатов - 83%! В прошлом цикле измерений было 74%. Повышение точности объясняется тем, что в этот раз я соблюдал чистоту эксперимента. (Проводил измерения в одно и то же время, в одном и том же месте). А также тем, что свои измерения я сравнивал с измерениями спутниковой системы ТЕСИС в это же время суток, хотя в прошлый раз они сравнивались с измерениями за весь день.

Надо признать, что совпадение всё равно неполное, и коэффициент корреляции, как и в прошлый раз, не достигает "1".

Анализируя полученные результаты можно предположить, что дальнейшее повышение коэффициента корреляции, вряд ли возможно при использовании данного оборудования и методики измерений по ряду причин:

1. - график ТЕСИС имеет невысокую разрешающую способность - отображаются только целочисленные значения,
2. - измеряя уровень естественного фона, я предполагаю, что его значение определяется активностью Солнца, не учитывая долю индустриального излучения,
3. - ну, и прибор то у меня, самодельный (хотя объём камеры СБМ-20 будет побольше, чем во многих бытовых «рентгенопоказометрах»...),
4. - и главная причина этого несовпадения видится в наличии атмосферы.

* * *

В наличии атмосферы: последнее соображение привело к мысли, которую я не знаю, как проверить. Её можно назвать *предположением*.

Если внимательно сравнить графики, то заметно, что в измерениях спутника значения меняются резко, скачками, а в измерениях счетчика увеличение и уменьшение показаний более плавное. Не может ли это быть влиянием атмосферы Земли? Когда я читал про несамостоятельный разряд в газе, там

говорилось, что при окончании действия внешнего источника энергии разряд прекращается потому, что электроны и ионы газа снова собираются в целые нейтральные молекулы (или атомы). Этот процесс называется рекомбинацией. Но если это так, то энергия, которая была затрачена на ионизацию, может быть, хотя бы частично, возвращается при рекомбинации? В атмосфере очень много молекул разных газов и этой энергии могло бы хватить на повторную ионизацию других молекул.

Что-то похожее на энергетическое эхо.

Глава 6

Мои выводы

I. Из результатов исследования:

1. Счетчик радиации, не являясь астрономическим прибором, тем не менее, может дополнить арсенал научных инструментов для исследования солнечной активности.

2. В быту, метеозависимым людям, использование счетчика Гейгера для измерения уровня естественного радиационного фона может служить в качестве средства прогнозирования вероятности магнитных бурь.

3. Достоверность научных измерений зависит не только от точности приборов, но и от строгого соблюдения условий ("чистоты эксперимента").

4. Синхронное измерение параметров активности Солнца (и иных космических излучений) за пределами атмосферы и на поверхности Земли может помочь в изучении свойств самой атмосферы.

II. Из источников информации:

4. Сложный состав радиационного излучения доказал делимость атома, существование элементарных частиц.

5. Открытие А.Беккерелем естественной радиоактивности послужило началом новых направлений в науке - атомной и ядерной физики, физики элементарных частиц.

6. Радиация может быть в равной мере как смертельно опасным, так и безусловно полезным явлением, поэтому необходимы развитые средства контроля уровня радиации.

III. Из теории:

7. Для изучения и регистрации невидимых элементарных частиц необходимо обеспечить их взаимодействие с каким-либо веществом и наблюдать за результатом этого взаимодействия.

IV. Из приобретенного практического опыта:

8. Изготовление электронного устройства требует не только наличия деталей и паяльника - необходима тщательная подготовка, умение выполнять более 2 десятков технологических операций.

9. Проведение данного исследования потребовало знаний и навыков в таких областях как физика, математика, технология, история, химия, информатика, что указывает на единство связи всех наук.

Источники информации

1. Кессельман В. С.

Удивительная история физики/ В. С. Кессельман. – М. : ЭНАС-КНИГА, 2015. – 376 с. : - (О чем молчали учебники).

2. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б.

Физика: Учеб. Для 10 кл. сред. шк. – 9-е изд., перераб. – М.: Просвещение, 1987. – 319 с., 4 л. ил.: ил.

3. Кабардин О.Ф.

Справочник школьника. Физика. М. АСТ: Астрель. 2008г. - 573 с., ил. ISBN 978-5-17-020005-4

4. Бронштейн М. П.

Атомы и электроны: [для ст. школ. возраста] /М. П. Бронштейн; ил. Е. В. Станиковой. – М. : Просвещение, 2009. – 128 с. : ил. – (Твой кругозор). – ISBN 978-5-09-019122-7

5. <http://www.ecosystema.ru/> - сайт экологического центра «Экосистема».

6. <http://louvaahmar.narod.ru/progi/myprog/>. (сайт Юрия Закотеева –программа «Радиометр-дозиметр»).

7. <http://planetcalc.ru/527/> (сайт онлайн калькуляторов, использовался для вычисления коэффициента корреляции).

8. <http://www.tesis.lebedev.ru/>. (сайт спутниковой обсерватории ТЕСИС).