

**Муниципальное общеобразовательное учреждение  
«Средняя школа № 42 им. Н. П. Гусева с углубленным изуче-  
нием французского языка» г. Ярославль**

## **Исследовательская работа**

# **Источники ионизирующего излучения в жизни человека**

Выполнил ученик 9 «Г» класса  
средней школы №42  
Прохоров Никита

Научный руководитель –  
учитель физики средней школы № 42  
Романова Алла Борисовна

**Ярославль**

**2022**

## Оглавление

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                   | 3  |
| Глава 1.....                                                    | 4  |
| 1.1. История исследования радиации .....                        | 4  |
| 1.2. Основные понятия радиофизики.....                          | 5  |
| 1.3. Методика измерения радиоактивных излучений .....           | 6  |
| 1.4. Распространённые источники ионизирующего излучения, .....  | 7  |
| которые можно встретить в жизни человека и их опасность .....   | 7  |
| Глава 2 .....                                                   | 13 |
| 2.1. Проведение измерений излучения от выбранных предметов..... | 13 |
| Заключение .....                                                | 14 |
| Использованные источники .....                                  | 14 |
| Приложение .....                                                | 15 |

## Введение

Ионизирующее излучение – это вид энергии, высвобождаемой атомами в форме электромагнитных волн или частиц. В широком значении такие излучения часто называют «радиацией».

В обычной жизни человек постоянно сталкивается с радиацией: человек подвергается космическому излучению, излучению естественных радионуклидов, которые содержатся в земле, в продуктах, в растениях, в организме человека. Небольшой уровень радиации является постоянным фоном человеческой жизни, он привычен для человеческого организма и считается безвредным для него.

Но повышенный радиоактивный фон может быть очень опасным. Под воздействием радиации в организме человека происходят сложные физические, химические и биологические процессы. Ионизирующие излучения вызывают ионизацию молекул и атомов вещества, в результате чего молекулы и клетки ткани разрушаются. Процессы ионизации живых тканей могут быть необратимыми.

**Цель проекта:** Выявить предметы, окружающие человека, которые являются источниками ионизирующего излучения, и оценить степень опасности этого излучения для человека.

**Объект исследования** – распространенные предметы, которые являются источниками ионизирующего излучения. **Предмет исследования** – мощность, вид, проникаемость ионизирующего излучения исследуемых предметов и их потенциальная опасность для организма человека.

### **Задачи:**

1. Изучить историю исследования радиации.
2. Дать определение основных понятий, необходимых для работы.
3. Изучить виды радиоактивных излучений.
4. Изучить методику измерения радиоактивных излучений.
5. Определить список предметов для измерения радиации.
6. Выявить предметы, окружающие человека в быту, которые являются источниками опасного для человека ионизирующего излучения.

**Методы исследования:** измерение, анализ, обобщение.

**Гипотезы исследования:**

1. Предметы: удобрение калиевая селитра, хрустальная посуда, вещи из уранового стекла, ртутные дуговые лампы являются источниками ионизирующего излучения, неопасного для человеческого организма.

2. Предметы: стрелочные приборы со светомассой постоянного действия, источники из ионизационной камеры НИС-07 из датчиков дыма, ториевые электроды для сварки WT-20, стартеры электролюминесцентных ламп, источник Б-8 из советского рентгенметра ДП5-В, воздух в подвале старинного здания с плохой вентиляцией, контакты из стартера электролюминесцентных ламп являются источниками опасного ионизирующего излучения для человека.

## **Глава 1.**

### **1.1. История исследования радиации**

Явление естественной радиоактивности открыл французский физик А. Беккерель (рис.1) в 1896 г. Он случайно обнаружил, что кусок урановой руды засвечивает фотопленку, плотно упакованную в черную бумагу. В то время физики не смогли объяснить наблюдаемое явление, и неизвестное излучение сначала называли икс-лучами.

А. Беккерель занялся изучением неизвестных лучей, и 23 ноября 1896 года мировая научная общественность узнала, что эти лучи свойственно испускать урану или его соединениям.

С 1896 г. к изучению X-лучей подсоединились супруги Мария Склодовская и Пьер Кюри (рис.2). Со временем М. Склодовская-Кюри обнаружила,

*Рис.2. Мария и Пьер Кюри*

что способность урана испускать X-лучи присуща и торию. Она же ввела в обиход новое название для веществ, таких как уран и торий, - радиоактивные (от слова «радиус»-луч). Супругам Кюри наука обязана также открытием еще двух веществ, природная активность которых в сотни раз превышает активность урана, - это полоний и радий.

## 1.2. Основные понятия радиофизики

Для настоящего исследования необходимо определить основные понятия радиофизики.

1. Радиоактивный распад — спонтанное изменение состава или внутреннего строения нестабильных атомных ядер путём испускания элементарных частиц, гамма-квантов и/или ядерных фрагментов. Процесс радиоактивного распада также называют радиоактивностью, а соответствующие нуклиды — радиоактивными.

2. Альфа-частица — положительно заряженная частица, образованная двумя протонами и двумя нейтронами; ядро атома гелия-4 ( ${}^4\text{He}$ ). Альфа-частицы могут вызывать ядерные реакции; в первой искусственно вызванной ядерной реакции участвовали именно альфа-частицы. Поток альфа-частиц называют альфа-лучами или альфа-излучением. За счёт большой массы имеет большую ионизационную способность и останавливается листом бумаги или несколькими сантиметрами, дециметрами воздуха (в зависимости от энергии частиц и «характеристик» воздуха)

3. Бета-частица — заряженная частица, испускаемая в результате бета-распада. Поток бета-частиц называется бета-лучами или бета-излучением. Отрицательно заряженные бета-частицы являются электронами ( $e$ ), положительно заряженные — позитронами. Слой любого вещества с поверхностной плотностью порядка  $1 \text{ г/см}^2$  (например, несколько миллиметров алюминия или несколько метров воздуха) практически полностью поглощает бета-частицы с энергией около  $1 \text{ МэВ}$  ( $1,6 \times 10^{-13} \text{ Дж}$ )

4. Гамма-излучение — вид электромагнитного излучения, характеризующийся чрезвычайно малой длиной волны и, вследствие этого, ярко выраженными корпускулярными свойствами частиц и слабовыраженными волновыми свойствами частиц. Эффективность защиты (то есть вероятность поглощения гамма-кванта при прохождении через неё) увеличивается при увеличении толщины слоя, плотности вещества и содержания в нём тяжёлых ядер (свинца, вольфрама, обеднённого урана и пр.).

5. Дочерние продукты распада (ДПР) – нуклиды, образующиеся после

распада ядер предшествующего им в том или ином радиоактивном ряду радионуклида.

### **1.3. Методика измерения радиоактивных излучений**

Радиоактивные излучения можно измерить с помощью специальных приборов – радиометров, а накопленную дозу излучений измеряют с помощью дозиметра. Очень часто эти два прибора путают.

Радиоактивное излучение фиксируется детектором. Существует четыре основных типа детекторов: ионизационная камера (рис.3), счётчик Гейгера (рис.4), Пин-диод (фотодиод) (рис.5.), сцинтиллятор (рис.6). Счётчик Гейгера – самый распространённый прибор для детектирования ионизирующего излучения. Он представляет собой газонаполненный конденсатор, в котором возникает разряд при пролёте ионизирующей частицы через объём газа. Дополнительная электронная схема обеспечивает счётчик питанием (как правило, не менее 250 В). Существуют так называемые трубки Гейгера, чувствительные, как правило, к гамма-, средне- и высокоэнергетическому бета-излучению, и торцевые счётчики с окном в виде слюды толщиной в микрометры, такие счётчики чувствительны ещё и к мягкому бета-и альфа-излучению. Показания считываются в виде импульсов, образующихся в результате пролёта частиц сквозь газонаполненную камеру счётчика и неполного замыкания второго. Количество импульсов за определённое время (для каждого счётчика оно своё) равняется единицам в микрорентгенах в час. К примеру, у самого распространённого советского – российского счётчика СБМ-20 оно равно 36 секундам, следовательно, девять импульсов с этого счётчика за 36 секунд равны 9мкр/ч.

Для измерения гамма-излучения используют единицу «рентген в час» или «зиверт в час» ( $1 \text{ зиверт/ч} = 98 \text{ рентгенам/ч}$ , но для упрощения как правило за  $1 \text{ зиверт/ч}$  принимают  $100 \text{ рентген/ч}$ ). Также для измерения накопленной дозы применяют рентгены = рады = бары и зиверты. К примеру, если человек пробудет в гамма-поле мощностью  $1 \text{ р/ч}$  3 часа, то он получит дозу 3 рентгена.

Для измерения бета-потока используют частицы на сантиметр квадратный в минуту, а для альфа - распады на сантиметр квадратный в минуту.

Зачастую для общего представления активности того или иного источника применяют условные единицы, то есть измерения проводят в мкр/ч, но без фильтра, отсекающего бета и альфа излучение.

Как правило, постоянный нормальный природный фон равен 7-20мкр/ч в зависимости от места положения, допустимым уровнем гамма излучения считается 30мкр/ч, допустимым уровнем гамма излучения от какого-либо небольшого источника считается значение до 60мкр/ч, от 60мкр/ч до 120мкр/ч – повышенным, от 120мкр/ч – опасным. Это значения, когда источник находится вплотную к счётчику, и они опасны при долгом контакте источника вплотную к телу.

Превышением (не опасным значением) бета-потока является даже одна частица на сантиметр квадратный в минуту, для альфа - один распад на сантиметр квадратный в минуту.

Все измерения я буду производить профессиональным, занесённым в государственный реестр средств измерения (его показания имеют законную силу) дозиметром-радиометром МКС-01СА1М с торцевым счётчиком Гейгера «Бета-1.1» способным фиксировать альфа- излучение (рис.7).

#### **1.4. Распространённые источники ионизирующего излучения, которые можно встретить в жизни человека и их опасность**

Все показания приведены при природном фоне 10-15 мкр/ч.

1. Хрусталь (К 40) бета-излучение условно в упор от 20 до 65мкр/ч абсолютно безопасно вследствие очень слабого бета - потока, не способного даже пройти сквозь кожу.

2. Калийные удобрения (К 40) бета- излучение. Условный фон вплотную от 25 до 100мкр/ч абсолютно безопасно вследствие очень слабого бета-потока, не способного даже пройти сквозь кожу.

3.Сварочные электроды WT-20, применяемые для сварки нержавеющей стали, а также электроды ртутных дуговых и ксеноновых ламп с добавлением тория 232. Излучают все три вида излучения, обусловленные не только распа-

дом тория, но и его дочерних продуктов распада (ДПР), преобладает бета-излучение. Условный фон вплотную зависит от процентного содержания тория в электродах, их диаметра и расположения относительно счётчика. При измерении поделённого на части электрода WT-20 диаметром 2мм с содержанием тория около 2%, так, чтобы весь электрод полностью располагался на площади слюдяного окна счётчика. Условный фон равен 260мкр/ч, гамма-фон равен 70 мкр/ч. Фон полностью безопасен, даже если долго носить электроды в кармане тонкой одежды

4. Старые лампы, разрядники, современные стартеры для электролюминесцентных ламп (Ra-226 или Ni-63). Радиоактивные изотопы применяются для увеличения ионизации между двумя электродами внутри лампы вследствие чего улучшения электронной эмиссии или увеличения расстояния и качества электронного пробоя. Фон может составлять от 20 до нескольких тысяч мкр/ч. В случае применения Ni 63, испускающего низкоэнергетическое бета-излучение, неспособное пройти даже сквозь тонкое стекло лампы, совершенно безопасны, однако если стекло разобьётся, то сильно «мажущийся» никель-63 может попасть внутрь организма через дыхательные пути или пищеварительный тракт, и тогда это может быть очень опасно. При применении радия-226 альфа-излучение будет задерживаться стеклом, а бета- и гамма-фон от дочерних продуктов распада проходит через стекло. Условный фон от лампы через стекло может составлять нескольких мр/ч, что явно бесполезно при долговременной носке в непосредственной близости к телу и может увеличить шанс развития злокачественной опухоли в этом месте. Если же такая лампа разбилась, то это гораздо опаснее, так как радий – мощный альфа излучатель, а при попадании даже очень маленького количества внутрь организма альфа излучатели воздействуют на слизистую, что в свою очередь значительно увеличивает шанс развития злокачественной опухоли.

5. Часы, стрелочные приборы, тумблеры со светомассой постоянного действия на основе солей радия-226. Всё абсолютно так же, как и в случае разрядников с применением радия-226, однако условный фон через целое стекло мо-

жет составлять от 1000мкр/ч (от советских военных наручных часов) до нескольких сотен мр/ч (от военных авиационных приборов или шкалы от военного рентгенметра дп 63), что в разы добавляет опасности. Чаще всего встречаются часы (не обязательно военные) или тумблеры с капсулой со светомассой на конце, что не так опасно, как большие военные приборы, которые довольно сложно встретить. К тому же шанс, что часы, тумблер, военный прибор окажется с радиоактивной светомассой где-то 30/70, так как большую часть времени производились приборы с не радиоактивной светомассой временного действия, которая заряжалась светом, и часть вещей со светомассой постоянного действия (СПД) дезактивировали и отправили на захоронение. При нарушении целостности стекла радиевая светомасса, которая вследствие радиолиза очень сильно сыпется на мелкие незаметные глазу частицы, которые к тому же очень сильно ко всему липнут - очень опасна. Также дочерним продуктом распада радия-226 является радиоактивный газ радон-222, претерпевающий альфа распад, и ДПР которого осаждаются на поверхностях и в лёгких. При хранении большого количества подобных артефактов в закрытом плохо проветриваемом помещении концентрация радона в этом помещении может быть опасной. Однако хранение одного, двух даже больших авиационных приборов в качестве сувенира в застеклённом шкафу не является опасным и очень сильно ослабевает с расстоянием.

6. Урановое стекло (U238) – бета-, совсем чуть-чуть гамма- и альфа-излучения. Существует бисер, бусины и сосуды, посуда из уранового стекла, при этом условный фон может колебаться от 20мкр/ч от бусин с очень низким содержанием соединений урана до 3000мкр/ч от редкой посуды американского производства HeiseyMarigoldTwist. Урановое стекло безопасно, так как 95-99,9% всей радиоактивности – бета-излучение. Конечно, лучше долго не контактировать с довольно активными образцами в кармане, так как это будет далеко бесполезно и, с очень маленькой вероятностью, может повысить шанс развития злокачественной опухоли. Урановое стекло просто очень красиво светится в ультрафиолете и имеет большую разнообразность цветов и абсолютно

все они необычные и глубокие. Именно из-за этого существует множество коллекционеров уранового стекла.

7. Источник из ионизационной камеры HIS-07 от современного датчика дыма (Am-241) альфа-, бета-, низкоэнергетическая гамма. Условный фон 14.7мр/ч, однако, если провести замер через листок бумаги плотностью 80г/м<sup>2</sup> (только гамма + бета), то значение будет порядка 600мкр/ч, а только по гамме 60мкр/ч. Низкоэнергетическая гамма с энергией порядка 60МэВ почти полностью останавливается гамма-компенсирующим фильтром в радиометре. Источник безопасен в силу маленького размера и излучения с довольно маленькой проникающей способностью. Латунный лист толщиной 3,5мм полностью блокирует излучение от данного источника и на расстоянии 10 см от источника уже почти не фиксируется превышение.

8. Старая калильная сетка для походных газовых фонарей (Th-232) альфа, бета, гамма. Гамма + бета около 2млр/ч, гамма 100 – 350мкр/ч. К сожалению, условный фон альфа + гамма + бета мне не известен, так как сам я лично их не измерял, и в известных мне источниках не сказано про альфа-фон в условных единицах. Подобные сетки опасны лишь при долговременном ношении в кармане вследствие указанных ранее причин. Так же сетка выделяет незначительное количество торона или же радона-220.

9. Источник типа АДИ из советских дымоизвещателей, таких как РИД-1, КИ-1 и т.д. (смесь Pu-238, 239, 240, 241, где в основном Pu-239). В основном альфа фон, низкоэнергетическая гамма от дочерних продуктов распада амерция-241, появляющегося в результате распада плутония-241. Бета на фоне остальных излучений – не заметна. Очень мощный альфа-поток, зашкаливающий в условных единицах, радиометр МКС-01СА1М на пределе измерений в 1р/ч. Однако этот фон на расстоянии очень сильно убывает из-за пролёта альфа-частиц плутония в воздухе около 5 см. Гамма-фон не известен, но со временем за счёт распада он увеличивается. Данный источник довольно опасен из-за того, что микрочастицы активного препарата могут «выходить из него». Но когда источник находится на своём штатном месте в датчике дыма,

которые довольно часто встречаются на складах в старых зданиях, – он не опасен.

10. Контрольные источники от старых военных радиометров (Sr-90 + Y-90 - бета, Co-60 - гамма). Источники с кобальтом 60 на сегодняшний день неопасны. Мне известен лишь один тип источника Co-60 – К-3. На сегодняшний день все подобные источники фонят не более, чем на 100мкр/ч и совершенно безопасны. Так как полураспад кобальта 60 около пяти лет, - все источники прошли от пяти до восьми полураспадов. Самые распространённый источник –Б-8. В нём применяется изотоп Sr-90 иY-90 (в результате распада первого), бета излучатели, как правило, условный фон от таких источников от 10 до 100мр/ч, и не так быстро утихает с расстоянием. Такой большой разброс в активности обусловлен тем, что в разных приборах такие источники имели разную активность, и разницей в «возрасте» источников, так как полураспад стронция-90 – 29 лет, а итрия-90 – 3дня, а источники применялись с 50-го по начало 90-х годов. Почти во всех остальных источниках применяют стронций-90. Их условный фон на сегодняшний день может составлять от 5мр/ч до 5р/ч. Все контрольные источники, за исключением К-3 и от части Б-8, – очень опасны так как помимо очень мощного излучения, исходящего от них, которое несильно слабеет от расстояния, некоторые источники вследствие плохих условий хранения могут «выпускать» из себя частицы препарата, а стронций помимо большой активности также хорошо усваивается и долго выводится из организма. Однако большинство контрольных источников находясь на своём штатном месте, в радиометре, безопасны.

11. Старый радиоизотопный датчик оледенения РИО-3, применяемый в самолётах (Sr-90,Y-90) - бета излучение. Условный фон вплотную от 70 до 200мр/ч. Данный источник довольно мощный и опасный.

12. Источник из аппаратов лучевой терапии, от гамма дефектоскопа, источники типа БГИ (Cs-137, Co-60). Кажется, что встретить такое обычному человеку нереально, но, к сожалению, как показывают инциденты в Гоянии, Электростали и подобные, это возможно. Данный артефакт вероятнее всего можно встретить на металлоломе или старых заброшенных объектах. Это

наимощнейший источник гамма-излучения, способный убить при нахождении на расстоянии двух метров от него за полчаса, а то и меньше.

13. Радон-222. Не стоит забывать и про источник, который нас всегда окружает. Радон-222 выделяется из земли, из строительных материалов вследствие содержания в них небольших количеств изотопов из цепочки распада урана-238. Скапливается в плохо проветриваемых подвалах и погребках. Допустимый уровень радона 100 Бк/м<sup>3</sup>.

14. Посуда и изделия из фарфора с урановой глазурью (U-238; U-235). При исследовании соединений урана в начале прошлого века оказалось, что многие из них обладают очень красивой и разнообразной цветовой гаммой. Из-за этого соединения урана начали массово использовать как пигмент для покраски разных изделий. Условный фон вплотную от таких изделий может варьироваться от 200 мкР/ч от небольших брошей с элементами покрашенными урановой глазурью до 10 мР/ч от американской посуды RedFiesta. Гамма фон от 20 мкР/ч до 200 мкР/ч. Опасность есть при долгом нахождении посуды RedFiesta в непосредственной близости от человека.

15. Объективы фото и видео камер с линзами из торированного стекла (Th-232). В середине прошлого века было замечено, что добавление в стекло оксида тория- значительно улучшает его оптические свойства. Из-за этого подобные стёкла стали массово применяться в фото и видео объективах. В последствии торий был заменён на не радиоактивный лантан. Условный фон от таких объективов (со стороны торированного стекла) достигает от 200 мкР/ч от объективов небольшого размера до 3 мР/ч от объектива SuperTakumarf 1.4 50mm. Гамма фон достигает 1.5 мР/ч от того-же объектива SuperTakumarf 1.4 50mm.

16. Сигареты(Ra-226;K-40). Содержащееся в почве природные изотопы при выращивании растений переходят в их плоды и листву. Если говорить о продуктах питания, то активность, накопившееся в них очень мала, чтобы навредить человеку, однако если говорить про табак, то это очень вредно, помимо естественного вреда от сигарет. Так же иногда встречаются сигареты фон от которых в разы превышает фоновые значения, фон от сигарет в редких случаях может достигать до 60 мкР/ч

## Глава 2

### 2.1. Проведение измерений излучения от выбранных предметов

Для проведения измерений были выбраны предметы, являющиеся источниками ионизирующего излучения:

1. Удобрение Калиевая селитра
2. Хрустальная ваза
3. Светофильтр ЖС-19 из уранового стекла
4. Чешские бусины из уранового стекла
5. Чешский бисер из уранового стекла
6. Стрелочный прибор из военного самолета (до 1970 года производства)
7. Ионизационная камера HIS-07 из датчика дыма
8. Ториевый электрод для сварки WT-20
9. Контрольный источник от военного рентгенметра ДП-5В
10. Маска после 30 минут пребывания в подвале старинного здания с плохой вентиляцией.
11. Стартер электролюминесцентных ламп.
12. Ртутная дуговая лампа ДРШ-100-2.

Были проведены измерения условного фона вплотную, гамма фона вплотную, условного фона с расстояния в 10см, расстояния с которого источник не детектируется и по этим данным были заделаны выводы об опасности, мощности и проникаемости излучения, исходящего от этих предметов. Результаты измерений представлены в Приложении 1. Таблице 1.

Измерения показали, что опасными для человека являются следующие предметы: часы и стрелочные приборы со светомассой постоянного действия, контрольные источники от старых советских дозиметров. У часов и стрелочных приборов было выявлено мощное слабо утихающее с расстояния излучение. Кроме этого, из них выходит радиоактивный газ радон и, при нарушении герметичности, радиоактивная пыль. Контрольные источники имеют сильное слабоутихающее с расстояния излучение и в некоторых случаях из них может высыпаться радиоактивная пыль.

## **Заключение**

Человека окружают множество предметов. Не все они безопасны: некоторые могут представлять угрозу для здоровья и жизни человека. Необходимо знать и изучать свойства материалов, из которых изготовлены предметы.

Целью проекта было выявить предметы, окружающие человека в быту, которые являются источниками ионизирующего излучения, и оценить степень опасности этого излучения для человека.

Для реализации этой цели я изучил историю исследования радиации и выяснил, что основоположниками открытия радиоактивности являются А.Беккерель, Пьер и Мари Кюри.

В работе приведены определения понятий, необходимых для исследования: Радиоактивность, альфа-, бета- и гамма-излучения, дочерние продукты распада, радиоактивные ряды.

Я составил список и описание самых распространённых источников радиоактивного излучения, которые может встретить в своей жизни человек.

С предметами, указанными в списке, были проведены исследования по мощности, виду и проникаемости излучения, исходящего от них, выявлены степень опасности данных предметов. Результаты измерений занесены в таблицу.

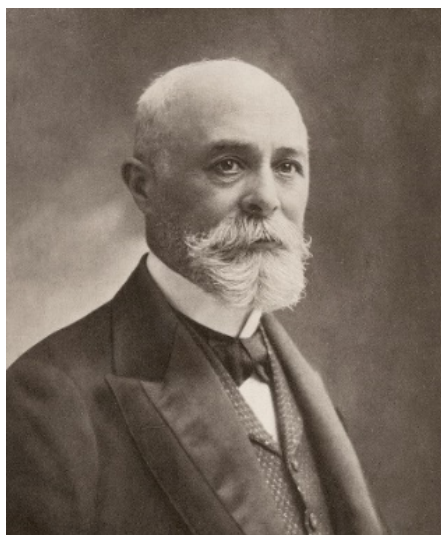
Опасными для человека являются следующие предметы: часы и стрелочные приборы со светомассой постоянного действия, контрольные источники от старых советских дозиметров.

## **Использованные источники**

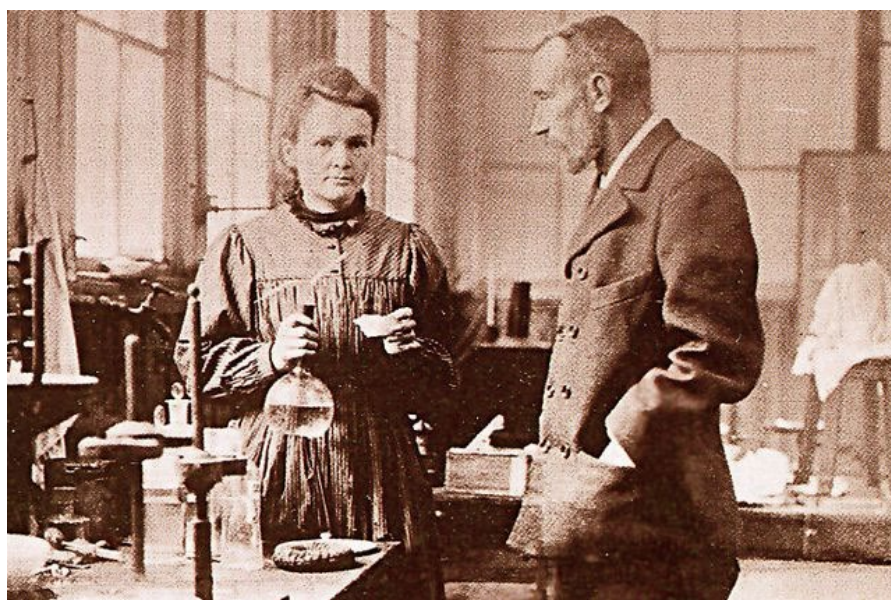
1. Диркова Е. (2020). Открытие радиоактивного излучения радиации. Учебный фильм. М: Кинолаборатория «Школ-фильм». Web: <https://www.youtube.com/watch?v=pkEWNMyKy38>
2. Открытие радиации (2020). Сайт виртуальной школы «Баккай». Web: [http://school.bakai.ru/invent/otkrytie\\_radiacii](http://school.bakai.ru/invent/otkrytie_radiacii)
3. Радиация (2020). Проект о радиации – Радиоактивные материалы Web: <https://youtube.com/user/abraxat>
4. Радиация в быту (Естественные источники радиации) (2020). Web: <https://dimastuui.livejournal.com/40564.html>

## Приложение

### Приложение 1. Рисунки



*Рис. 1. Антуан Беккерель*



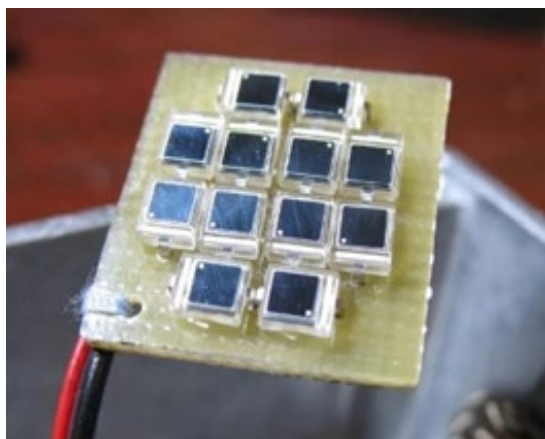
*Рис.2. Мария и Пьер Кюри*



*Рис.3. Ионизационная камера*



*Рис.4. Счётчик Гейгера*



*Рис.5. Пин-диод (фотодиод)*

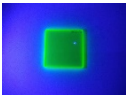
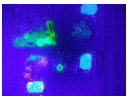
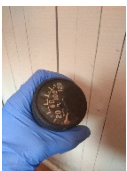


*Рис.6. Сцинтиллятор*



*Рис.7. Дозиметр-радиометр MKC-01CA1M*

Приложение 2. Таблица 1. Результаты измерений

| Источник                                         | Предмет                                                   | фото                                                                                | изотоп | вид излучения                                                     | где (зачем) применяется                 | Условный фон вплотную при природном фоне 9мкр/ч                     | гамма фон вплотную | фон с расстояния 10 см        | расстояние, с которого источник не детектируется | что эффективно останавливает излучение     | насколько опасен                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| хрусталь                                         | Хрустальная ваза                                          |    | K-40   | Бета                                                              | в быту                                  | 40 мкр/ч                                                            | 9 мкр/ч            | 10 мкр/ч                      | 6 см                                             | алюминий, стекло, оргстекло, кожа человека | абсолютно безопасен                                                                                                                                                  |
| удобрения с содержанием калия                    | Калиевая селитра 700г                                     |    | K-40   | бета                                                              | В огородах                              | 40 мкр/ч                                                            | 10-15 мкр/ч        | 10-15 мкр/ч                   | 10 см                                            | алюминий, стекло, оргстекло, кожа человека | абсолютно безопасен                                                                                                                                                  |
| урановое стекло                                  | Светофильтр жс-19                                         |    | U-238  | бета, альфа, гамма                                                | в лабораторных приборах как светофильтр | 1000 мкр/ч                                                          | 21 мкр/ч           | 82 мкр/ч                      | 16 см                                            | алюминий, стекло, оргстекло, кожа человека | почти полностью безопасен                                                                                                                                            |
| урановое стекло                                  | чешские бусины и кабошоны                                 |    | U-238  | бета, альфа, гамма                                                | в рукоделии                             | от 20 мкр/от десяти маленьких бусинок до 160мкр/ч от большой бусины | до 24 мкр/ч        | даже от большой бусины-9мкр/ч | 8 см                                             | алюминий, стекло, оргстекло, кожа человека | безопасны                                                                                                                                                            |
| урановое стекло                                  | чешский бисер 20г                                         |    | U-238  | бета, альфа, гамма                                                | в рукоделии                             | 950 мкр/ч                                                           | 24 мкр/ч           | 62 мкр/ч                      | 30 см                                            | алюминий, стекло, оргстекло, кожа человека | почти полностью безопасен                                                                                                                                            |
| светомасса постоянного действия на основе Ra-226 | старый авиационный прибор                                 |  | Ra-226 | бета, альфа, гамма                                                | в военном самолёте до 1970 года         | 5500 мкр/ч                                                          | 2700 мкр/ч         | 500 мкр/ч                     | 1 м                                              | свинец толщиной не менее 10мм.             | опасен при нахождении в плохо проветриваемом помещении большого кол-ва таких приборов, или при непосредственной близости к человеку на протяжении нескольких недель. |
| америй 241                                       | источник от ионизационной камеры HIS-07 от дымоизвещателя |  | Am-241 | преобладает альфа, также бета и низкоэнергетичная гамма (59,5кэВ) | в сигнализаторах дыма                   | 15000 мкр/ч                                                         | 20 мкр/ч           | 20 мкр/ч                      | 12 см                                            | лист бумаги плотностью 80г/см кв.          | безопасен                                                                                                                                                            |

|                                                 |                                                                                                    |                                                                                     |                |                                                 |                                                       |            |                                                           |           |       |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|-----------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| торированный электрод                           | электрод для сварки WT-20 диаметром 2мм                                                            |     | Th-232         | альфа, бета, гамма                              | для сварки нержавеющей стали                          | 260 мкр/ч  | 78 мкр/ч                                                  | 16 мкр/ч  | 12 см | алюминий, стекло, оргстекло, кожа человека                                                                                                                                                                                                                                           | безопасен                                                                                                                                                                                        |
| контрольный источник от военного рентгенметра   | источник б-8 заливной эпоксидной смолой в кожухе зонда радиометра ДП-5В                            |    | Sr-90 + Y-90   | бета                                            | для контроля работоспособности рентгенметра           | 5000 мкр/ч | 35 мкр/ч (в следствие возникновения тормозного излучения) | 620 мкр/ч | 95 см | алюминий, стекло, оргстекло, кожа человека                                                                                                                                                                                                                                           | опасен только при длительном контакте с кожей или слизистой.                                                                                                                                     |
| Дочерние продукты распада радона                | медицинская маска после 30 минут пребывания в старинном, плохо проветриваемом подвальном помещении |    | ДПР радона 226 | альфа, бета                                     | выделяется из строительных материалов, земли          | 31 мкр/ч   | 9 мкр/ч                                                   | 9 мкр/ч   | 3 см  | тонкий слой алюминия, стекла, кожа человека                                                                                                                                                                                                                                          | Опасно для здоровья проживание в помещении с настолько высокой концентрацией радона в воздухе, маска перестаёт быть радиоактивна через +- 4 часа из за короткого периода полураспада ДПР радона. |
| стартер для газоразрядной лампы                 | Электрод от стартера Osramst 151 Germany                                                           |    | Ni-63          | Очень низкоэнергетичное бета излучение (67 кэВ) | в стартере электролюминесцентных ламп.                | 9 мкр/ч    | 9 мкр/ч                                                   | 9 мкр/ч   | 0 см  | при столь малой активности от одного электрода излучение получается детектировать лишь в режиме измерения бета потока – где при фоне 9мкр/ч результат - 11 част. см² в мин., а с электродом – 13 част. см² в мин. задерживается алюминиевой фольгой или стеклом толщиной менее ¼ мм. | абсолютно безопасен                                                                                                                                                                              |
| Ртутная дуговая лампа с торированным электродом | Лампа ДРШ 100-2                                                                                    |  | Th-232         | Бета, гамма, альфа не проходит через стекло     | Для получения ультрафиолета очень низкой длинны волны | 32 мкр/ч   | 30 мкр/ч                                                  | 10 мкр/ч  | 3 см  | Свинец, сталь небольшой толщины                                                                                                                                                                                                                                                      | Абсолютно безопасен                                                                                                                                                                              |