Муниципальное бюджетное образовательное учреждение

средняя школа №3

**Проект по теме**

**«Уровень радиации в металлах и древесине»**

Работу выполнил: Парышев Никита,

учащийся 11 «а» класса.

.

Родники, 2022

**Содержание**

1.Введение………………………………………………………………..стр.2

2.Глава 1 «Явление радиоактивности и места его существования»….стр.4

3.Глава 2 «Способы измерения радиационного фона»………...………стр.6

4.Глава 3«Измерение и сравнение уровня радиации в группе металлов и древесине»…………………………………………………………………стр.8

4.Вывод…………………………………………………………………...стр.10

5.Список литературы и Интернет-ресурсов…………………………….стр.11

1

**Введение**

Я посмотрел документальный фильм об аварии на ЧАЭС (Чернобыльской атомной электростанции) и её последствиях для флоры, фауны и техники, участвовавшей в ликвидации аварии. Мне стало интересно, какой уровень радиации содержится в металлах и деревьях рядом с нами? Вдруг среди них окажутся образцы с повышенным уровнем радиации?

На уроках физики мы тоже изучали явление радиоактивности различных химических элементов и их изотопов, выполняли лабораторные работы по измерению радиационного фона с помощью личного дозиметра. Это послужило для меня толчком дальнейшего изучения физики в этом направлении. После выполнения одной из таких лабораторных работ с использованием личного дозиметра я задался вопросом: *Каков уровень радиации в определённой группе металлов и древесине?*

Ответ на данный вопрос могут дать немногие, но даже те, кто способен это сделать, ответят на него по-своему. Поэтому мне будет интересно самому узнать что-то новое по этой теме и поделиться результатами исследования.

Отсюда и **актуальность** темы исследования: измерить и сравнить уровни радиации в группе металлов и древесине.

**Объект исследования**: металлы (железо, алюминий), древесина (береза, ива).

**Предмет исследования**: измерение и сравнение радиационного фона железа, алюминия, березы, ивы.

**Цель исследования**: с помощью личного дозиметра измерить и сравнить уровни радиации железа, алюминия, березы, ивы при одинаковых условиях.

2

**Задачи**:

1. Проанализировать все доступные материалы на тему радиоактивности в жизни и быту, в том числе металлах, деревьях.
2. Измерить уровень радиации железа, алюминия, березы, ивы с помощью личного дозиметра.
3. Сравнить полученные значения и сделать вывод о самом безопасном (по уровню радиации) металле или древесине.

**Гипотеза**: я предполагаю, что наименьшие значения уровня радиации будут у древесины, а не у металлов ввиду их большего коэффициента поглощения радиации (гамма-излучения), «живой» природы.

В ходе исследования я использовал следующие **методы**:

1.**Измерение** уровня радиации в металлах и деревьях.

2.**Сравнение** значений уровня радиации в результате измерений.

3. **Сравнительный анализ**.

3

**Глава 1**

**Явление радиоактивности и места его существования**

В 1896 году выдающийся французский физик Анри Беккерель изучал феномен **люминесценции** (свечение веществ). Он брал вещество, которое содержало уран и светилось желто-зелёным цветом. Предварительно подержал его на солнце и, завернув в чёрную бумагу, положил в затемнённый шкаф на фотопластинку. После проявления пластинки физик увидел на ней изображение **«отпечатка»** вещества. Но потом случайно была проявлена фотопластинка, на которой лежало содержащее уран вещество, **не облучённое** предварительно солнцем. Беккерель поместил между веществом и пластинкой металлический крестик и получил его **контуры** на пластинке. Так были открыты новые лучи, названные впоследствии **радиоактивными**. Их особенность заключалась в том, что такие лучи **не отражались, не преломлялись**, их интенсивность не зависела от измерения **температуры** окружающей среды, **давления** и **времени**. При дальнейшем изучении этих лучей было установлено **пагубное их влияние** на организм человека.

**Радиоактивность** – это способность некоторых химических элементов (например, урана, радия, калифорния, стронция) самопроизвольно **распадаться** и испускать **радиацию**.

**Радиация** – невидимое излучение, испускаемое особыми химическими элементами, для которых характерно явление **радиоактивности**. У радиации существуют **3 основные формы** излучения: **альфа-, бета- и гамма- излучение**. **Альфа-излучение** – поток положительно заряженных частиц, представляющих собой ядро **гелия**. Проникающая способность излучения **невелика**: достаточно плотной одежды, бумаги, фанеры, чтобы задержать этот поток частиц.

4

**Бета-излучение** – поток **электронов**, движущихся со **скоростью света** (приближенно 300 000 км/с). Их проникающая способность **больше, чем у альфа-частиц**: задержать такое излучение можно с помощью, например, металлической стены. **Гамма-излучение – самое опасное** для живых организмов. Оно представляет собой **поток электромагнитного излучения**, движущегося со скоростью света. Задержать такой мощный поток электромагнитных волн может лишь только достаточно **толстая стена бетона или свинца**.

Радиация существует **везде**: в машинах, оборудовании, станках, деньгах, фруктах, человеке, животных, деревьях и т.д. Только общий радиационный фон у различных предметов разный. Где-то радиации очень много, а где-то – наоборот. Сильно «фонящие» объекты подвергаются **изоляции** или **специальной очистке** от радиационного загрязнения. Поэтому напрасно думать, что от радиации можно «спрятаться» ­**–** нужно просто уметь **различать опасные и безопасные** с точки зрения радиации предметы.

5

**Глава 2**

**Способы измерения радиационного фона**

Как можно измерить **радиацию**? Этим вопросом задавались многие физики, изучавшие **явление радиоактивности**. До определённого времени не существовало официально «запатентованных» приборов для измерения уровня радиации в определённом материале или веществе или хотя бы для отслеживания **траектории движения** радиоактивных частиц. Время шло, знания о радиации углублялись и расширялись. И вот, в 1908 году немецкий физик **Ханс Вильгельм Гейгер** предложил принцип устройства для измерения уровня радиации, а в 1928 году этот принцип был реализован **Вальтером Мюллером**, в результате чего появился новый прибор для измерения радиации **–** **счётчик Гейгера-Мюллера**.

Устройство представляет собой газонаполненный конденсатор, который пробивается при пролёте ионизирующей частицы через объём газа. Дополнительная электронная схема обеспечивает счётчик питанием (как правило, не менее 300 вольт). При необходимости обеспечивает гашение разряда и подсчитывает количество разрядов через счётчик. К сожалению, прибор был ещё пока **не способен** показать конкретную накопленную дозу ионизирующего излучения, а лишь оповестить о **прохождении через устройство частицы** **–** например, электрона.

Затем, в 1912 году, шотландский физик **Чарльз Вильсон** изобрёл камеру для определения треков (траекторий) радиоактивных или заряженных частиц, названную в его честь.**Камера Вильсона** – детектор треков  быстрых заряженных частиц, в котором используется способность ионов зарождать капельки воды в переохлажденном перенасыщенном паре.

6

Для создания переохлаждённого пара используется быстрое адиабатическое расширение, сопровождающееся резким понижением температуры. Быстрая заряженная частица, двигаясь сквозь облако перенасыщенного пара, ионизирует его. Процесс конденсации пара происходит быстрее в местах образования ионов. Как следствие, там, где пролетела заряженная частица, образуется след из **капелек воды**, который **можно сфотографировать**. Камеру Вильсона обычно помещают в магнитное поле, в котором траектории заряженных частиц искривляются в виде окружности. Определение **радиуса кривизны** траектории позволяет определить **характер частицы и её вид**.

В 1948 году за совершенствование камеры Вильсона и проведенные с ней исследования Нобелевскую премию получил **Патрик Блэкетт**. В дальнейшем эти приборы всё более совершенствовались и, наконец, стали появляться **дозиметры**, позволявшие узнать **уровень радиации на многих предметах, вещах, материалах**. Например, появились пороговые индикаторы **«Сверчок»** и **«Светофор»** со звуковым и световым сигналом, настроенные на уровни мощности 0,6 и 1,2 мкЗв/ч (микрозиверт в час). Чуть позже появились более совершенные бытовые дозиметры с цифровым отсчетом и встроенными микросхемами: **«Белла»**, **«Ратон-901»**, **«Сосна»**.

Современные **бытовые дозиметры** **–** это многофункциональные гаджеты, которые создаются на базе **микропроцессоров и микроконтроллеров**. Они могут улавливать не только гамма-излучение, но и **альфа- и бета-частицы**. Современные дозиметры могут выявлять радиоактивное заражение воды, продуктов питания и других предметов. Один из таких дозиметров **– «Родник-3»**. Он фиксирует гамма-, бета- и рентгеновское **излучение**. На экране отображается уровень **излучения** в микрозивертах в час.

7

**Глава 3**

**Исследовательская часть**

**Измерение и сравнение уровня радиации в группе металлов и древесине**

Итак, изучив материалы о **явлении радиоактивности**, историю её открытия, существование в различных средах, конкретные виды и способы измерения радиационного фона можно приступить к **практической части** работы – непосредственно к **измерению уровня** радиации в исходных материалах и веществах. Приготовив личный бытовой дозиметр **«Родник-3»** также необходимые материалы и удостоверившись, что условия измерения **примерно одинаковы**, я приступаю к измерению уровня радиации **железа, алюминия, берёзы и ивы** на поверхности этих веществ: при приближении дозиметра к железу дозиметр показал значение в **0,20 мкЗв/ч**;

к алюминию **–** **0,19 мкЗв/ч**;

к берёзе **–** **0,10 мкЗв/ч**;

к иве **–** **0,09 мкЗв/ч**.

Далее построил линейчатую диаграмму для более наглядного отображения результатов измерений:

8

Теперь сравниваю полученные результаты: **наименьшие значения** уровня радиации действительно оказались **у древесины, а не у металлов** ввиду их большего коэффициента поглощения радиации (гамма-излучения), «живой» природы. **Гипотеза подтверждена** экспериментальным путём.

9

**Вывод**

С помощью личного дозиметра я измерил и сравнил уровни радиации железа, алюминия, березы, ивы при одинаковых условиях. Наибольшие значения уровня радиации оказались у металлов. Они больше соответствующих уровней радиации в древесине в среднем на 0,10 мкЗв/ч.

**Заключение**

Предложенная в начале исследования гипотеза соответствует истине. Она подтверждена такими методами исследования, как измерение, сравнение и анализ полученных результатов.

В конце исследования мне хотелось бы выразить надежду на то, что впредь люди станут тщательнее заботиться о своём здоровье и, пользуясь бытовым дозиметром, проверять уровень радиации в продуктах питания и предметах быта. Так люди смогут предостеречь себя от опасности **–** последствий радиационного облучения, в том числе острой лучевой болезни.

10

**Список литературы и Интернет-ресурсов**

1. М.А. Харченко «Радиация: невидимый убийца» Ростов-на-Дону, 2011 г., 93 с..

2.Интернет-магазин www.dozimetr.biz: [https://www.dozimetr.biz/dozimetry/dozimetr-rodnik-3.php#:~:text=%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%20%22%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%203%22%20%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%D1%81%D1%8F%20%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE,10%20%D0%BB%D0%B5%D1%82%20%D0%B1%D0%B5%D0%B7%20%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8B%20%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%B5%D0%BA](https://www.dozimetr.biz/dozimetry/dozimetr-rodnik-3.php#:~:text=%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%20%22%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%203%22%20%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%D1%81%D1%8F%20%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE,10%20%D0%BB%D0%B5%D1%82%20%D0%B1%D0)!.

3.https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0\_%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0.

4. ISMER.RU:

<https://ismer.ru/dozimetri-istorya-poyavleniya>.

11

Муниципальное бюджетное образовательное учреждение

средняя школа №3

**Проект по теме**

**«Уровень радиации в металлах и древесине»**

Работу выполнил: Парышев Никита,

учащийся 11 «а» класса;

Руководитель: Мараховская С.В.,

учитель физики.

Родники, 2022

**Содержание**

1.Введение………………………………………………………………..стр.2

2.Глава 1 «Явление радиоактивности и места его существования»….стр.4

3.Глава 2 «Способы измерения радиационного фона»………...………стр.6

4.Глава 3«Измерение и сравнение уровня радиации в группе металлов и древесине»…………………………………………………………………стр.8

4.Вывод…………………………………………………………………...стр.10

5.Список литературы и Интернет-ресурсов…………………………….стр.11

1

**Введение**

Я посмотрел документальный фильм об аварии на ЧАЭС (Чернобыльской атомной электростанции) и её последствиях для флоры, фауны и техники, участвовавшей в ликвидации аварии. Мне стало интересно, какой уровень радиации содержится в металлах и деревьях рядом с нами? Вдруг среди них окажутся образцы с повышенным уровнем радиации?

На уроках физики мы тоже изучали явление радиоактивности различных химических элементов и их изотопов, выполняли лабораторные работы по измерению радиационного фона с помощью личного дозиметра. Это послужило для меня толчком дальнейшего изучения физики в этом направлении. После выполнения одной из таких лабораторных работ с использованием личного дозиметра я задался вопросом: *Каков уровень радиации в определённой группе металлов и древесине?*

Ответ на данный вопрос могут дать немногие, но даже те, кто способен это сделать, ответят на него по-своему. Поэтому мне будет интересно самому узнать что-то новое по этой теме и поделиться результатами исследования.

Отсюда и **актуальность** темы исследования: измерить и сравнить уровни радиации в группе металлов и древесине.

**Объект исследования**: металлы (железо, алюминий), древесина (береза, ива).

**Предмет исследования**: измерение и сравнение радиационного фона железа, алюминия, березы, ивы.

**Цель исследования**: с помощью личного дозиметра измерить и сравнить уровни радиации железа, алюминия, березы, ивы при одинаковых условиях.

2

**Задачи**:

1. Проанализировать все доступные материалы на тему радиоактивности в жизни и быту, в том числе металлах, деревьях.
2. Измерить уровень радиации железа, алюминия, березы, ивы с помощью личного дозиметра.
3. Сравнить полученные значения и сделать вывод о самом безопасном (по уровню радиации) металле или древесине.

**Гипотеза**: я предполагаю, что наименьшие значения уровня радиации будут у древесины, а не у металлов ввиду их большего коэффициента поглощения радиации (гамма-излучения), «живой» природы.

В ходе исследования я использовал следующие **методы**:

1.**Измерение** уровня радиации в металлах и деревьях.

2.**Сравнение** значений уровня радиации в результате измерений.

3. **Сравнительный анализ**.

3

**Глава 1**

**Явление радиоактивности и места его существования**

В 1896 году выдающийся французский физик Анри Беккерель изучал феномен **люминесценции** (свечение веществ). Он брал вещество, которое содержало уран и светилось желто-зелёным цветом. Предварительно подержал его на солнце и, завернув в чёрную бумагу, положил в затемнённый шкаф на фотопластинку. После проявления пластинки физик увидел на ней изображение **«отпечатка»** вещества. Но потом случайно была проявлена фотопластинка, на которой лежало содержащее уран вещество, **не облучённое** предварительно солнцем. Беккерель поместил между веществом и пластинкой металлический крестик и получил его **контуры** на пластинке. Так были открыты новые лучи, названные впоследствии **радиоактивными**. Их особенность заключалась в том, что такие лучи **не отражались, не преломлялись**, их интенсивность не зависела от измерения **температуры** окружающей среды, **давления** и **времени**. При дальнейшем изучении этих лучей было установлено **пагубное их влияние** на организм человека.

**Радиоактивность** – это способность некоторых химических элементов (например, урана, радия, калифорния, стронция) самопроизвольно **распадаться** и испускать **радиацию**.

**Радиация** – невидимое излучение, испускаемое особыми химическими элементами, для которых характерно явление **радиоактивности**. У радиации существуют **3 основные формы** излучения: **альфа-, бета- и гамма- излучение**. **Альфа-излучение** – поток положительно заряженных частиц, представляющих собой ядро **гелия**. Проникающая способность излучения **невелика**: достаточно плотной одежды, бумаги, фанеры, чтобы задержать этот поток частиц.

4

**Бета-излучение** – поток **электронов**, движущихся со **скоростью света** (приближенно 300 000 км/с). Их проникающая способность **больше, чем у альфа-частиц**: задержать такое излучение можно с помощью, например, металлической стены. **Гамма-излучение – самое опасное** для живых организмов. Оно представляет собой **поток электромагнитного излучения**, движущегося со скоростью света. Задержать такой мощный поток электромагнитных волн может лишь только достаточно **толстая стена бетона или свинца**.

Радиация существует **везде**: в машинах, оборудовании, станках, деньгах, фруктах, человеке, животных, деревьях и т.д. Только общий радиационный фон у различных предметов разный. Где-то радиации очень много, а где-то – наоборот. Сильно «фонящие» объекты подвергаются **изоляции** или **специальной очистке** от радиационного загрязнения. Поэтому напрасно думать, что от радиации можно «спрятаться» ­**–** нужно просто уметь **различать опасные и безопасные** с точки зрения радиации предметы.

5

**Глава 2**

**Способы измерения радиационного фона**

Как можно измерить **радиацию**? Этим вопросом задавались многие физики, изучавшие **явление радиоактивности**. До определённого времени не существовало официально «запатентованных» приборов для измерения уровня радиации в определённом материале или веществе или хотя бы для отслеживания **траектории движения** радиоактивных частиц. Время шло, знания о радиации углублялись и расширялись. И вот, в 1908 году немецкий физик **Ханс Вильгельм Гейгер** предложил принцип устройства для измерения уровня радиации, а в 1928 году этот принцип был реализован **Вальтером Мюллером**, в результате чего появился новый прибор для измерения радиации **–** **счётчик Гейгера-Мюллера**.

Устройство представляет собой газонаполненный конденсатор, который пробивается при пролёте ионизирующей частицы через объём газа. Дополнительная электронная схема обеспечивает счётчик питанием (как правило, не менее 300 вольт). При необходимости обеспечивает гашение разряда и подсчитывает количество разрядов через счётчик. К сожалению, прибор был ещё пока **не способен** показать конкретную накопленную дозу ионизирующего излучения, а лишь оповестить о **прохождении через устройство частицы** **–** например, электрона.

Затем, в 1912 году, шотландский физик **Чарльз Вильсон** изобрёл камеру для определения треков (траекторий) радиоактивных или заряженных частиц, названную в его честь.**Камера Вильсона** – детектор треков  быстрых заряженных частиц, в котором используется способность ионов зарождать капельки воды в переохлажденном перенасыщенном паре.

6

Для создания переохлаждённого пара используется быстрое адиабатическое расширение, сопровождающееся резким понижением температуры. Быстрая заряженная частица, двигаясь сквозь облако перенасыщенного пара, ионизирует его. Процесс конденсации пара происходит быстрее в местах образования ионов. Как следствие, там, где пролетела заряженная частица, образуется след из **капелек воды**, который **можно сфотографировать**. Камеру Вильсона обычно помещают в магнитное поле, в котором траектории заряженных частиц искривляются в виде окружности. Определение **радиуса кривизны** траектории позволяет определить **характер частицы и её вид**.

В 1948 году за совершенствование камеры Вильсона и проведенные с ней исследования Нобелевскую премию получил **Патрик Блэкетт**. В дальнейшем эти приборы всё более совершенствовались и, наконец, стали появляться **дозиметры**, позволявшие узнать **уровень радиации на многих предметах, вещах, материалах**. Например, появились пороговые индикаторы **«Сверчок»** и **«Светофор»** со звуковым и световым сигналом, настроенные на уровни мощности 0,6 и 1,2 мкЗв/ч (микрозиверт в час). Чуть позже появились более совершенные бытовые дозиметры с цифровым отсчетом и встроенными микросхемами: **«Белла»**, **«Ратон-901»**, **«Сосна»**.

Современные **бытовые дозиметры** **–** это многофункциональные гаджеты, которые создаются на базе **микропроцессоров и микроконтроллеров**. Они могут улавливать не только гамма-излучение, но и **альфа- и бета-частицы**. Современные дозиметры могут выявлять радиоактивное заражение воды, продуктов питания и других предметов. Один из таких дозиметров **– «Родник-3»**. Он фиксирует гамма-, бета- и рентгеновское **излучение**. На экране отображается уровень **излучения** в микрозивертах в час.

7

**Глава 3**

**Исследовательская часть**

**Измерение и сравнение уровня радиации в группе металлов и древесине**

Итак, изучив материалы о **явлении радиоактивности**, историю её открытия, существование в различных средах, конкретные виды и способы измерения радиационного фона можно приступить к **практической части** работы – непосредственно к **измерению уровня** радиации в исходных материалах и веществах. Приготовив личный бытовой дозиметр **«Родник-3»** также необходимые материалы и удостоверившись, что условия измерения **примерно одинаковы**, я приступаю к измерению уровня радиации **железа, алюминия, берёзы и ивы** на поверхности этих веществ: при приближении дозиметра к железу дозиметр показал значение в **0,20 мкЗв/ч**;

к алюминию **–** **0,19 мкЗв/ч**;

к берёзе **–** **0,10 мкЗв/ч**;

к иве **–** **0,09 мкЗв/ч**.

Далее построил линейчатую диаграмму для более наглядного отображения результатов измерений:

8

Теперь сравниваю полученные результаты: **наименьшие значения** уровня радиации действительно оказались **у древесины, а не у металлов** ввиду их большего коэффициента поглощения радиации (гамма-излучения), «живой» природы. **Гипотеза подтверждена** экспериментальным путём.

9

**Вывод**

С помощью личного дозиметра я измерил и сравнил уровни радиации железа, алюминия, березы, ивы при одинаковых условиях. Наибольшие значения уровня радиации оказались у металлов. Они больше соответствующих уровней радиации в древесине в среднем на 0,10 мкЗв/ч.

**Заключение**

Предложенная в начале исследования гипотеза соответствует истине. Она подтверждена такими методами исследования, как измерение, сравнение и анализ полученных результатов.

В конце исследования мне хотелось бы выразить надежду на то, что впредь люди станут тщательнее заботиться о своём здоровье и, пользуясь бытовым дозиметром, проверять уровень радиации в продуктах питания и предметах быта. Так люди смогут предостеречь себя от опасности **–** последствий радиационного облучения, в том числе острой лучевой болезни.

10

**Список литературы и Интернет-ресурсов**

1. М.А. Харченко «Радиация: невидимый убийца» Ростов-на-Дону, 2011 г., 93 с..

2.Интернет-магазин www.dozimetr.biz: [https://www.dozimetr.biz/dozimetry/dozimetr-rodnik-3.php#:~:text=%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%20%22%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%203%22%20%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%D1%81%D1%8F%20%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE,10%20%D0%BB%D0%B5%D1%82%20%D0%B1%D0%B5%D0%B7%20%D0%B7%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%8B%20%D0%B1%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%B5%D0%BA](https://www.dozimetr.biz/dozimetry/dozimetr-rodnik-3.php#:~:text=%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%20%22%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%203%22%20%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D1%8F%D0%B5%D1%82%D1%81%D1%8F%20%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%80%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE,10%20%D0%BB%D0%B5%D1%82%20%D0%B1%D0)!.

3.https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0\_%D0%92%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0.

4. ISMER.RU:

<https://ismer.ru/dozimetri-istorya-poyavleniya>.

11