

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение  
средняя общеобразовательная школа №9

# Рентгеновское излучение

Исследовательский проект

Исполнитель:  
обучающийся 11А класса  
Шмелин Александр Андреевич  
Руководитель:  
учитель физики  
Синцова Елена Иванова

Нижний Тагил

2023

## Содержание

Введение.....	3
1. Теоретическая часть.....	4
1.1. История открытия рентгеновских лучей.....	4
1.2. Что такое «рентгеновское излучение».....	5
1.3. Источники рентгеновского излучения.....	7
1.4. Виды рентгеновского излучения.....	8
1.5. Свойства рентгеновского излучения.....	9
1.6. Применение рентгена.....	10
1.7. Влияние рентгеновского излучения на человека.....	11
1.8. Защита от рентгеновского излучения.....	13
2. Практическая часть.....	14
2.1. Применение рентгеновского излучения.....	14
2.2. Способы защиты.....	17
2.3. Характеристики рентгеновских излучений.....	19
Заключение.....	21
Использованные источники информации.....	22
Приложения	

## Введение

Я считаю, что тема рентгеновское излучение очень актуальна в наше время так как с рентгеновскими лучами встречается каждый человек в повседневной жизни и немногие люди знают о нем все. А мне пришлось пережить такую ситуацию, как перелом носа из-за которого я пропустил экзамен. После операции мне сделали рентген, который повлиял на мою дальнейшую судьбу так как на рентгеновских снимках было показано целый у меня нос или нет. поэтому я выбрал тему «рентгеновское излучение».

Несмотря на то, что с рентгеновским излучением знаком почти каждый, суть этого явления пришлось осознавать. Поэтому цель работы сформулировалась так:

*выяснить физическую суть рентгеновского излучения и его влияния на живые ткани.*

Гипотеза: энергия квантов рентгеновского излучения сопоставима с запасом энергии клеток тканей.

Задачи:

- изучить информационные источники;
- выяснить область применения рентгеновского излучения;
- выяснить влияние рентгеновского излучения на живые ткани;
- выяснить способы защиты в определенных ситуациях;
- рассчитать энергию квантов рентгеновского излучения;
- систематизировать материал исследования;
- составить таблицы;
- провести математические расчеты.

## 1. Теоретическая часть

### 1.1. История открытия рентгеновских лучей

Рентгеновское излучение было открыто Вильгельмом Конрадом Рентгеном. Изучая экспериментально катодные лучи, вечером 8 ноября 1895 года он заметил, что находившийся вблизи катодно-лучевой трубки картон, покрытый платиносинеродистым барием, начинает светиться в тёмной комнате. В течение нескольких следующих недель он изучил все основные свойства вновь открытого излучения, названного им X-лучами ("икс-лучами"). 22 декабря 1895 года



Рис.1

Рентген сделал первое публичное сообщение о своём открытии в Физическом институте Вюрцбургского университета. 28 декабря 1895 года в журнале Вюрцбургского физико-медицинского общества была опубликована статья Рентгена под названием «О новом типе лучей»

## 1.2. Что такое «рентгеновское излучение».

Рентгеновское излучение - электромагнитные волны, энергия фотонов которых лежит на шкале электромагнитных волн между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением, что соответствует длинам волн от  $\sim 10^{-8}$  до  $\sim 10^{-12}$  м.

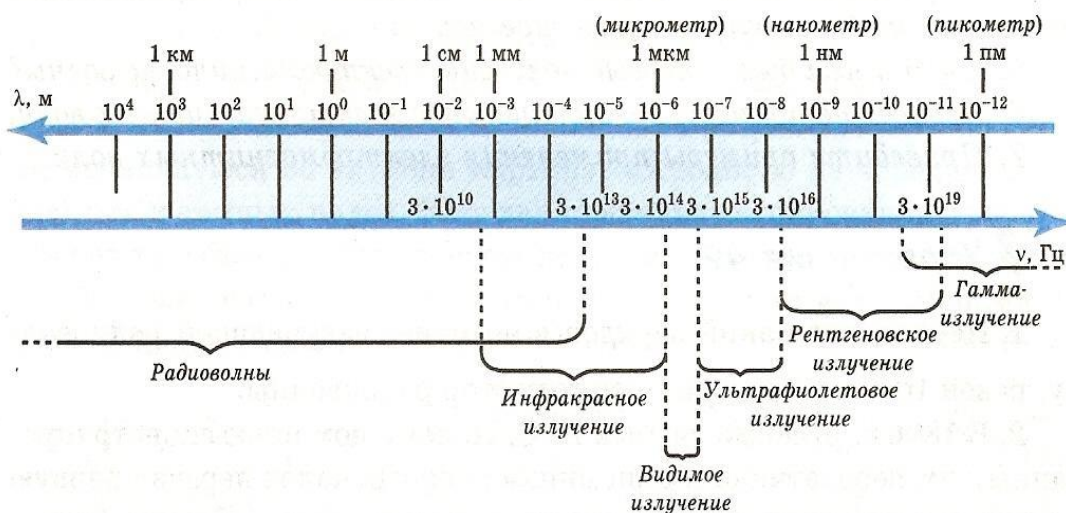


Рис.2

При прохождении лучей в воздухе происходит его ионизация. В итоге воздух способен проводить ток. Облучение повреждает клетки, это связано с ионизацией биологических структур.

Благодаря рентгеновскому излучению можно просветить тело человека, чтобы получить снимок его костей. При современных технологиях также возможно выявление внутренних органов. С помощью обычных приборов получают двумерную проекцию, а благодаря компьютерным томографам возможно сделать объёмное изображение человеческих органов.

В этом промежутке времени существует такое понятие как рентгеновская дефектоскопия. С помощью неё выявляют повреждения в различных изделиях, к примеру, в варочных швах и в рельсах.

Во многих науках рентгеновское излучение применяется для выявления строения элементов на уровне атомов при помощи дифракционного рассеяния рентгеновского излучения. Это называется рентгеноструктурным анализом. В качестве примера можно привести выявление структуры ДНК.

Химический состав элементов также выявляется благодаря электромагнитным волнам. Вещество, по которому осуществляется анализ, облучается электронами, в процессе происходит ионизация атомов. Такой метод называется рентгено-флюоресцентным.

На сегодняшний момент применение рентгеновского излучения осуществляется в разных отраслях. В целях безопасности создаются переносные и стационарные приборы для выявления запрещённых или опасных для жизни предметов в таможнях, аэропортах и местах, где часто происходят столкновения людей.

Благодаря специальным телескопам возможно наблюдение за космическими телами и различными явлениями. При помощи электромагнитных волн разрабатывается лазерное оружие.

### 1.3. Источники рентгеновского излучения

## Источники рентгеновского излучения

Рентгеновские лучи излучаются при больших ускорениях электронов.



Рис.3

Источники делятся на два типа: естественные и искусственные.

Естественные источники- это природные материальные объекты.

Искусственные источники- это технические устройства различной конструкции.

источники рентгеновского излучения:

Таблица 1

Естественные	Солнце	Звезды главной последовательности	Нейтронные звезды
Искусственные	Рентгеновский аппарат	Кинескоп монитора	Атомная электростанция

#### 1.4. Виды рентгеновского излучения

Оно бывает нескольких видов и различается по проникающей способности и по протяжённости волны:

- жёсткое;
- мягкое.

Мягкое- длина волны больше, проникающая способность меньше

Жесткое- длина волны меньше, проникающая способность больше.

**ПО ДЛИНЕ ВОЛНЫ И  
ПРОНИКАЮЩЕЙ  
СПОСОБНОСТИ:  
МЯГКОЕ – длина  
волны больше,  
проникающая  
способность меньше,  
И  
ЖЕСТКОЕ – длина  
волны меньше,  
проникающая  
способность больше.**

Рис.4

Жёсткое рентгеновское излучение обладает наибольшей энергией фотона и частотой излучения (и наименьшей длиной волны). Жёсткое рентгеновское излучение используется преимущественно в промышленных целях.



## 1.5. Свойства рентгеновского излучения

Рентгеновское излучение делится два типа:

- характеристическое;
- тормозное.

Характеристическое излучение – излучение, вызванное возбуждением внутренних электронных оболочек атомов.

Тормозное- излучение, которое появляется при торможении электронов в твердом веществе .При этом энергия движения электронов переходит в тепло и в рентгеновское излучение.

Лучи характеристического типа получаются при перестройке атомов анода рентгеновской трубки.

Тормозные лучи появляются из-за торможения электронов, которые испаряются из вольфрамовой спирали.

У электромагнитных волн существует ряд характеристик, объясняющихся их природой. Электромагнитные волны при перпендикулярном падении на плоскость не отражаются. Электромагнитные волны засвечивают фотоплёнку

Электромагнитные волны пробиваются через непроницаемые предметы: бумага, металл, дерево, живые ткани. Чем поверхность материала плотнее и толще, тем лучи поглощаются интенсивнее и больше. Рентгеновское излучение останавливается после прекращения воздействия электромагнитных волн.

Таким образом, рентгеновское излучение

- вызывает свечение некоторых элементов. Вызывают свечение некоторых веществ;
- засвечивают фотопленку;
- вызывают ионизацию газов;
- оказывают биохимическое воздействие на живые организм;.
- по- разному поглощаются различными веществами.

## 1.6. Применение рентгеновского излучения.

Медицинская диагностика, досмотр багажа и грузов в целях визуального обнаружения на экране монитора предметов, представляющих опасность., дефектоскопия изделий и материалов, рентгеноспектральный анализ, рентгеновская микроскопия, рентгеновская астрономия.



Рис.6



Воздействие рентгена на организм определяется уровнем дозы облучения, и зависит от того, какой орган подвергся облучению. Например, заболевания крови вызываются облучением костного мозга, а генетические заболевания - облучением половых органов. Также возможны временные изменения в составе крови после небольшого облучения и необратимые изменения в ее составе при больших дозах облучения.

Регулярное облучение даже в самых маленьких количествах и при коротких промежутках, приводит к изменениям на генетическом фоне. Они редко обратимы.

Электромагнитные волны проникают через ткани человеческого тела, при этом осуществляется ионизация в клетках, изменяется структура.


Результатами таких воздействий становятся соматические осложнения или болезни в будущем поколении. Так проявляются генетические заболевания.

У людей, подвергшихся излучению, выявляются патологии крови. После маленьких доз возникают изменения её состава, которые ещё обратимы. Распадаются эритроциты и гемоглобин вследствие гемолитических изменений. Возможна тромбоцитопения.

При облучении нередко травмы хрусталика глаза, он мутнеет, и наступает катаракта. Однократное облучение медицинской аппаратурой не влечёт за собой сильных перемен, т.к. содержит небольшую дозировку. При чувстве пациентом повышенной тревоги он вправе попросить у медика специальный защитный фартук.

После выключения аппарата вредоносное действие тут же прекращается. Частое же влияние пагубно сказывается на человеческом организме.

Исследование последствий вредного облучения позволило создать международные стандарты, в которых указаны разрешённые минимальные дозы.

 <b>Воздействие различных доз облучения на человеческий организм</b>	
Доза, Гр	Причина и результат воздействия
(0.7 - 2) 10-3	Доза от естественных источников в год
0.05	Предельно допустимая доза профессионального облучения в год
0.1	Уровень удвоения вероятности генных мутаций
0.25	Однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах
1.0	Доза возникновения острой лучевой болезни
3- 5	Без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга
10 - 50	Смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений главным образом желудочно-кишечного тракта
100	Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы



## 1.8. Защита от рентгеновского излучения

### Защита от рентгеновских лучей

Избыток рентгеновского излучения способен нарушать работу эпителиальных клеток и тканей внутренних органов, поэтому существуют следующие меры защиты от ионизирующего излучения:

**Фильтр-пластинка** – устанавливается на выходе из вакуумной трубки, чтобы обеспечить поглощение мягких лучей.

**Просвинцованный фартук** – состоит из резины, внутри которой находятся свинцовые пластины.

**Металлический тубус** – фиксируется непосредственно на вакуумной трубке, где происходит физическая реакция

**Просвинцованное стекло** – располагается на передней поверхности экрана, чтобы оградить тело от избыточного количества ионизирующего излучения

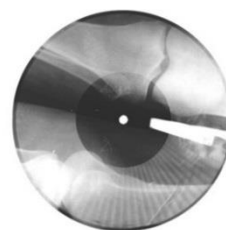


Рис.8

Избыток рентгеновского излучения способен нарушать работу эпителиальных клеток и тканей внутренних органов, поэтому существуют следующие меры защиты от ионизирующего излучения:

**Фильтр-пластинка**- устанавливается на выходе из вакуумной трубки, чтобы обеспечить поглощение мягких лучей.

**Просвинцованный фартук**- состоит из резины, внутри которой находятся свинцовые пластины.

**Металлический тубус**- фиксируется непосредственно на вакуумной трубке, где происходит физическая реакция.

**Просвинцованное стекло**- располагается на передней поверхности экрана, чтобы оградить тело от избыточного количества ионизирующего излучения.

## 2. Практическая часть

### 2.1. Применение рентгеновского излучения.

Медицинская диагностика, досмотр багажа и грузов в целях визуального обнаружения на экране монитора предметов, представляющих опасность., дефектоскопия изделий и материалов, рентгеноспектральный анализ, рентгеновская микроскопия, рентгеновская астрономия.


Таблица 2

Область применения	Где применяется	Фотография
Медицинская диагностика	Рентгеноскопия, флюорография, рентгенотерапия	

<p>Досмотр багажа и грузов</p>	<p>Рентгенотелевизионный осмотр</p>	
<p>Дефектоскопия изделий и материалов,</p>	<p>Рентгеновская дефектоскопия</p>	


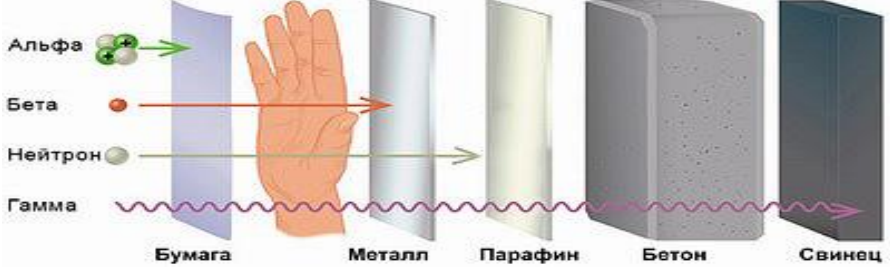
<p>Рентгено- спектральный анализ</p>	<p>Анализ химических веществ</p>	
<p>Рентгеновская микроскопия</p>	<p>Исследование очень малых объектов</p>	



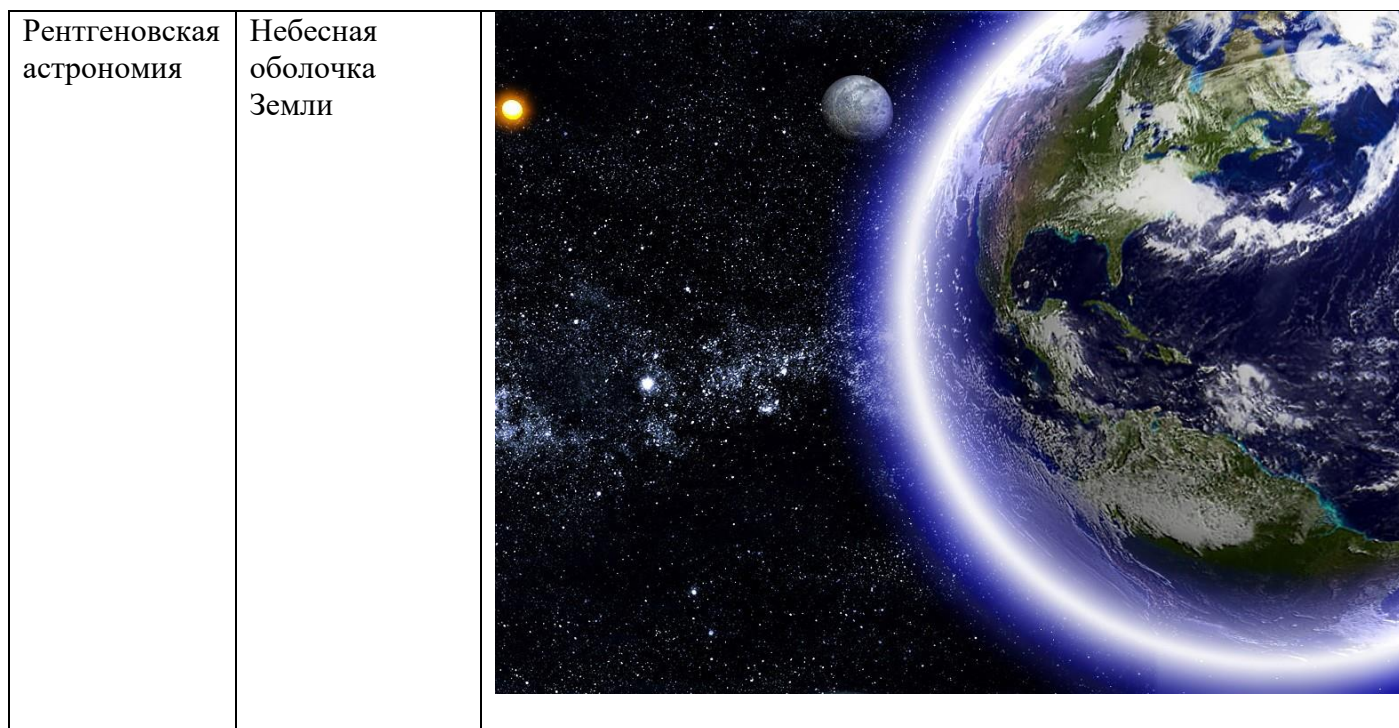
Рентгеновская астрономия	Исследование космических объектов	
--------------------------	-----------------------------------	--

## 2.2. Способы защиты

Таблица 3

Область применения	Способы защиты	Фото или рисунок
Медицинская диагностика	Свинцовый жилет	
Досмотр багажа и грузов	Защита экранированием	 <p>Альфа → Бумага</p> <p>Бета → металл</p> <p>Нейтрон → Парафин</p> <p>Гамма → Бетон, Свинец</p>

<p>Дефектоскопия изделий и материалов</p>	<p>Защита расстоянием</p>	
<p>Рентгеноспектральный анализ и рентгеновская микроскопия</p>	<p>Защита временем</p>	



### 2.3. Характеристики рентгеновских излучений

Таблица 4

Виды рентгеновских излучений	Диапазон длин волн, м	Диапазон частот, Гц	Энергия кванта излучения $E=h\nu$ , Дж	Энергия разрушения клеток кожи, эВ
жесткое	От $10^{-13}$ до $10^{-7}$	От $3 \cdot 10^{21}$ до $3 \cdot 10^{15}$ Гц	От $1,9 \cdot 10^{-12}$ до $1,9 \cdot 10^{-18}$	150000
мягкое	От $10^{-10}$ до $10^{-6}$	От $3 \cdot 10^{18}$ до $3 \cdot 10^{14}$ Гц	От $1,9 \cdot 10^{-12}$ до $1,9 \cdot 10^{-18}$	150000
тормозное	От $10^{-3}$ до 10	От $3 \cdot 10^{18}$ до $3 \cdot 10^{14}$ Гц	От $1,9 \cdot 10^{-22}$ до $1,9 \cdot 10^{-24}$	230000
характеристическое	От $10^{-9}$ до $10^{-6}$	От $3 \cdot 10^{17}$ до $3 \cdot 10^{14}$ Гц	От $1,9 \cdot 10^{-16}$ до $1,9 \cdot 10^{-19}$	120000

Зная частоту рентгеновского излучения, энергию рентгеновского кванта можно посчитать по формуле Эйнштейна  $E=h\nu$ , где  $h$ - постоянная Планка,  $6,63 \times 10^{-34}$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

Сопоставление энергии разрушения клеток кожи и энергии кванта рентгеновского излучения

Таблица 5

Виды рентгеновских излучений	Энергия кванта рентгеновского излучения, Дж	Энергия разрушения клеток кожи, эВ	Энергия разрушения клеток кожи, Дж
жесткое	От $1,9 \cdot 10^{-12}$ до $1,9 \cdot 10^{-18}$	150000	$2,4 \cdot 10^{-14}$
мягкое	От $1,9 \cdot 10^{-12}$ до $1,9 \cdot 10^{-18}$	150000	$2,4 \cdot 10^{-14}$
тормозное	От $1,9 \cdot 10^{-22}$ до $1,9 \cdot 10^{-24}$	230000	$3,7 \cdot 10^{-14}$
характеристическое	От $1,9 \cdot 10^{-16}$ до $1,9 \cdot 10^{-19}$	120000	$1,9 \cdot 10^{-14}$

Пересчет энергии, выраженную в электрон-вольтах, в системные единицы джоули выполнен в соответствии с закономерностью  $1\text{эВ}=1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж.

Из таблицы 5 видно, что энергия кванта жесткого рентгеновского излучения больше энергии разрушения клеток, т.е при облучении клетка погибает сразу. Энергия квантов мягкого, тормозного и характеристического рентгена меньше барьерной энергии клеток. Но рентгеновское излучение обладает свойством накапливаться со временем, поэтому регулярное или частое облучение также приводит к гибели клетки

## Заключение

Работая над проектом, я изучил информационные источники, выяснил область применения рентгеновского излучения, влияние рентгеновского излучения на живые ткани, выяснил способы защиты в определенных ситуациях, рассчитал энергию квантов рентгеновского излучения, систематизировал материал исследования, составил таблицы, провел математические расчеты.

Трудности, которые возникли передо мной это нахождение достоверной информации по поводу рентгеновского излучения, в том числе, числовые значения энергии живых клеток (разрушения клеток кожи).

Тема для меня останется актуальной так как в нашей жизни рентгеновское излучение используется на авто и железнодорожных вокзалах, аэропортах, в медицинских исследованиях, ...

Я связал свою жизнь со спортом, а спортсмены раз в полгода проходят медицинское обследование, иногда травмируются, следовательно, встречаются с рентгеном.

Считаю задачи работы выполненными. Цель работы достигнутой.

## Использованные информационные источники

1. Воронцов-Вельяминов Б.А., Страут Е.К. Астрономия 11 класс, М., «Дрофа»,2018
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б, Сотский Н.Н. Физика 10 класс, М., «Просвещение»,2019;
3. Мякишев Г.Я. ,Буховцев Б.Б., Чаругин В.М Физика 11 класс Москва, « Просвещение» 2020;
4. Википедия.