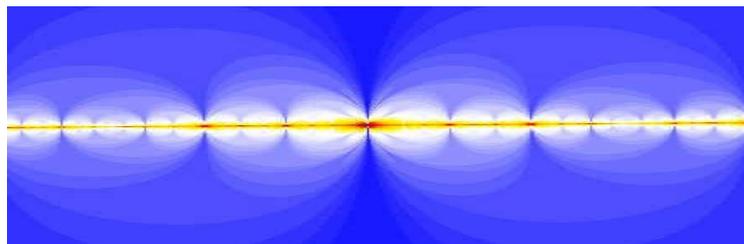
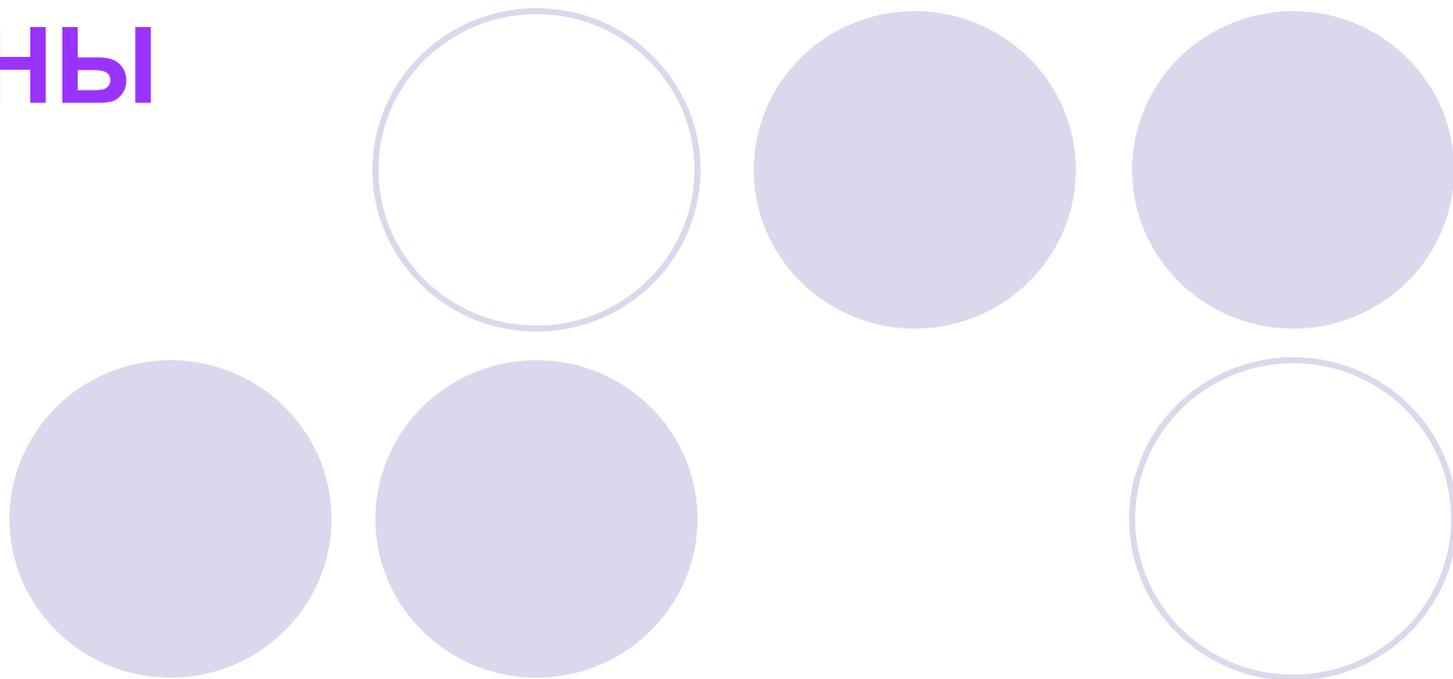
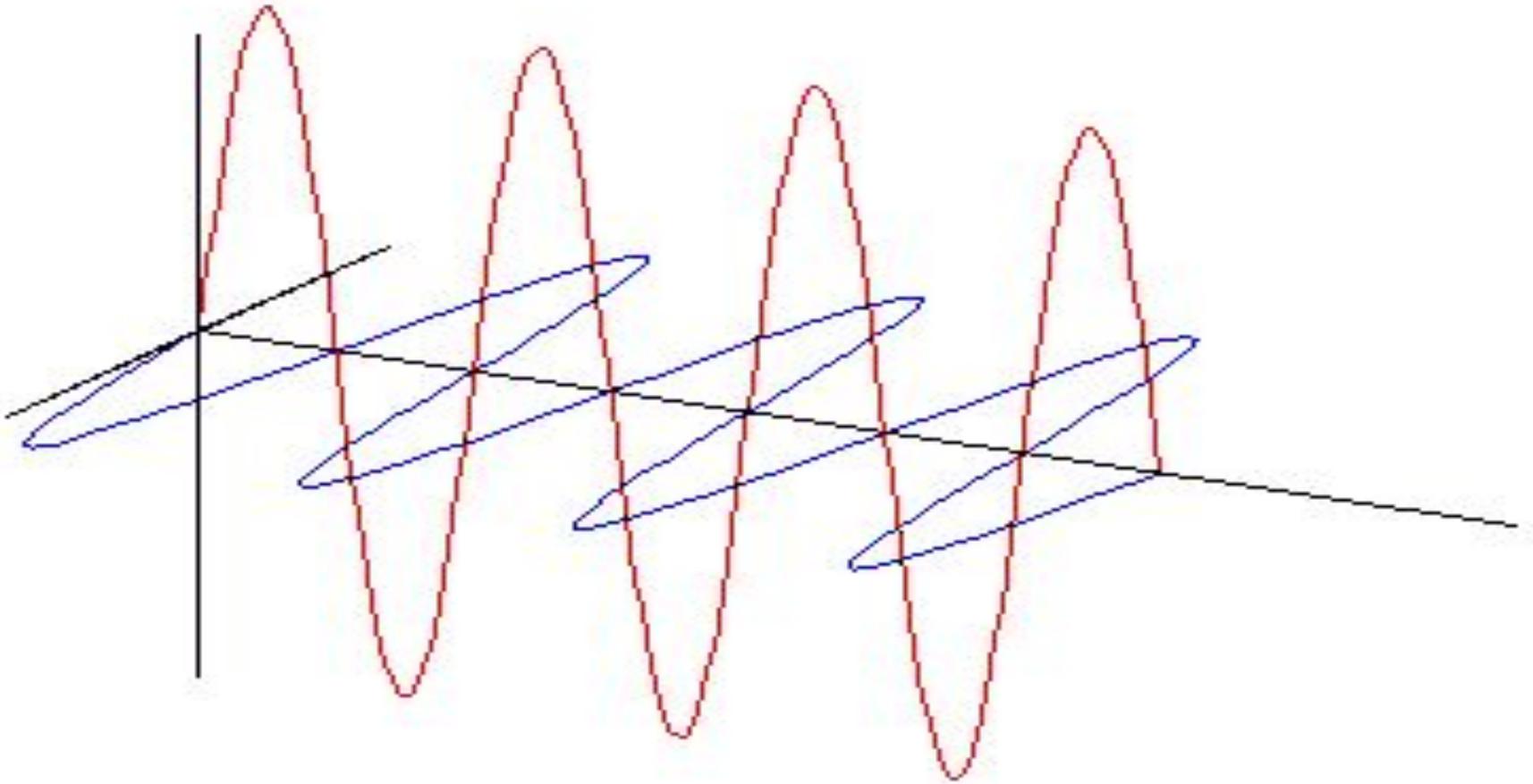


# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

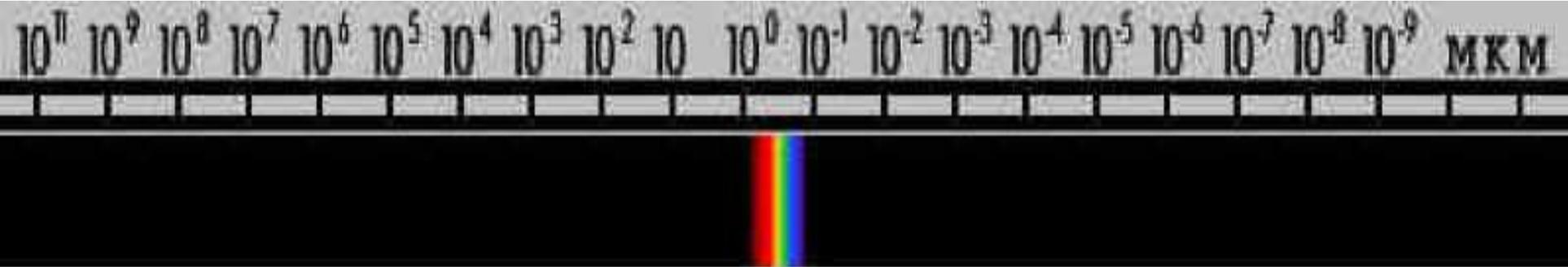


*Электромагнитные волны* - электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью



# шкала электромагнитных волн

- Вся шкала электромагнитных волн является свидетельством того, что все излучения обладают одновременно квантовыми и волновыми свойствами. Квантовые и волновые свойства в этом случае не исключают, а дополняют друг друга. Волновые свойства ярче проявляются при малых частотах и менее ярко - при больших. И наоборот, квантовые свойства ярче проявляются при больших частотах и менее ярко - при малых. Чем меньше длина волны, тем ярче проявляются квантовые свойства, а чем больше длина волны, тем ярче проявляются волновые свойства. Все это служит подтверждением закона диалектики (переход количественных изменений в качественные).
- 



# история открытия электромагнитных волн



- 1831 – Майкл Фарадей установил, что любое изменение магнитного поля вызывает появление в окружающем пространстве индукционного (вихревого) электрического поля

# история открытия электромагнитных волн



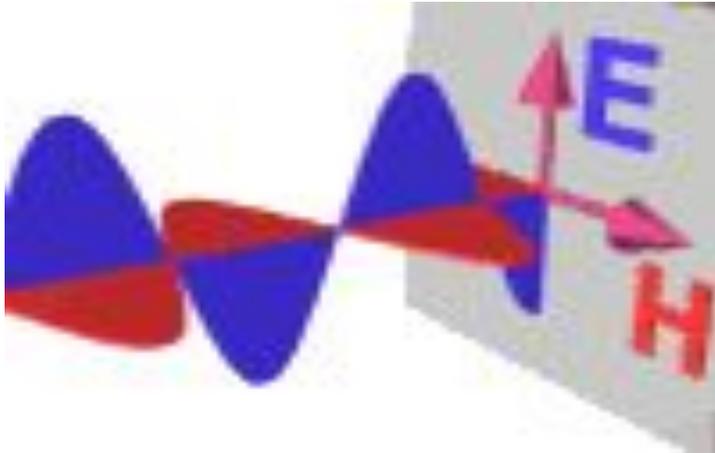
- 1864 – Джеймс - Клерк Максвелл высказал гипотезу о существовании электромагнитных волн, способных распространяться в вакууме и диэлектриках. Однажды начавшийся в некоторой точке процесс изменения электромагнитного поля будет непрерывно захватывать новые области пространства. Это и есть электромагнитная волна

# история открытия электромагнитных волн



- 1887 - Генрих Герц опубликовал работу "О весьма быстрых электрических колебаниях", где описал свою экспериментальную установку - вибратор и резонатор, - и свои опыты. При электрических колебаниях в вибраторе в пространстве вокруг него возникает вихревое переменное электромагнитное поле, которое регистрируется резонатором

# радиоволны



- Длины волн охватывают область от 1 мкм до 50 км Их получают с помощью колебательных контуров и макроскопических вибраторов
- **Свойства:** Радиоволны различных частот и с различными длинами волн по-разному поглощаются и отражаются средами, проявляют свойства дифракции и интерференции.
- **Применение** Радиосвязь, телевидение, радиолокация.

# Длинные волны

Радиоволны длиной от 1000 до 10000 м называют длинными (частота 300—30 кГц), а радиоволны длиной свыше 10000 м — сверхдлинными (частота менее 30 кГц).

Длинные и особенно сверхдлинные волны мало поглощаются при прохождении в толще суши или моря. Так, волны длиной 20—30 км могут проникать в глубину моря на несколько десятков метров и, следовательно, могут использоваться для связи с погруженными подводными лодками, а также для подземной радиосвязи.

Длинные волны хорошо дифрагируют вокруг сферической поверхности Земли.

Это обуславливает возможность распространения длинных и сверхдлинных волн земной волной на расстояние порядка 3000 км.

Основное преимущество длинных волн — большая устойчивость напряженности электрического поля: сила сигнала на линии связи мало меняется в течение суток и в течение года и не подвержена случайным изменениям. Достаточную для приема напряженность электрического поля можно обеспечить на расстоянии более 20 000 км, но для этого требуются мощные передатчики и громоздкие антенны.

Недостатком длинных волн является невозможность передачи широкой полосы частот, необходимой для трансляции разговорной речи или музыки. В настоящее время длинные и сверхдлинные радиоволны применяются главным образом для телеграфной связи на дальние расстояния, а также для навигации.

Условия распространения сверхдлинных радиоволн исследуют, наблюдая за грозами. Грозовой разряд представляет собой импульс тока, содержащий колебания различных частот—от сотен герц до десятков мегагерц. Основная часть энергии импульса грозового разряда приходится на диапазон колебаний

# Средние волны



К средним волнам относятся радиоволны длиной от 100 до 1000 м (частоты 3—0,3 МГц). Средние волны используются главным образом для вещания. Они могут распространяться как земные и как ионосферные волны

Средние волны испытывают значительное поглощение в полупроводящей поверхности Земли, дальность распространения земной волны ограничена расстоянием 500—700 км. На большие расстояния радиоволны распространяются ионосферной волной

В ночное время средние волны распространяются путем отражения от слоя ионосферы, электронная плотность которого оказывается достаточной для этого. В дневные часы на пути распространения волны расположен слой, чрезвычайно сильно поглощающий средние волны. Поэтому при обычных мощностях передатчиков напряженность электрического поля недостаточна для приема, и в дневные часы распространение средних волн происходит практически только земной волной на сравнительно небольшие расстояния (порядка 1000 км).

В диапазоне средних волн более длинные волны испытывают меньшее поглощение, и напряженность электрического поля ионосферной волны больше на более длинных волнах. Поглощение увеличивается в летние месяцы и уменьшается в зимние месяцы. Ионосферные возмущения не влияют на распространение средних волн, так как слой мало нарушается во время ионосферно-магнитных бурь.

# Короткие волны



К коротким волнам относятся радиоволны длиной от 100 до 10 м (частоты 3—30 МГц). Преимуществом работы на коротких волнах по сравнению с работой на более длинных волнах является то, что в этом диапазоне можно создать направленные антенны. Короткие волны могут распространяться как земные и как ионосферные.

С повышением частоты сильно возрастает поглощение волн в полупроводящей поверхности Земли. Поэтому при обычных мощностях передатчика земные волны коротковолнового диапазона распространяются на расстояния, не превышающие нескольких десятков километров

Ионосферной волной короткие волны могут распространяться на многие тысячи километров, причем для этого не требуется передатчиков большой мощности. Поэтому в настоящее время короткие волны используются главным образом для связи и вещания на большие расстояния.

# Ультракороткие волны

Радиоволны длиной менее 10 м (более 30 МГц). Волны ультракороткие подразделяются на волны метровые (10-1 м), дециметровые (1 м- 10 см), сантиметровые (10-1 см) и миллиметровые (менее 1 см). Основное распространение в радиолокационной технике получили сантиметровые волны. При расчете дальности системы самолетовождения и бомбометания на ультракороткие волны предполагается, что последние распространяются по закону прямой (оптической) видимости, не отражаясь от ионизированных слоев. Системы на ультракоротких волнах более помехоустойчивы к искусственным радиопомехам, чем системы на средних и длинных волнах.

Ультракороткие волны по своим свойствам наиболее близки к световым лучам. Они в основном распространяются прямолинейно и сильно поглощаются землей, растительным миром, различными сооружениями, предметами. Поэтому уверенный прием сигналов ультракоротковолновых станций поверхностной волной возможен главным образом тогда, когда между антеннами передатчика и приемника можно мысленно провести прямую линию, не встречающую по всей длине каких-либо препятствий в виде гор, возвышенностей, лесов. Ионосфера же для ультракоротких волн подобно стеклу для света - "прозрачна". Ультракороткие волны почти беспрепятственно проходят через нее. Поэтому этот диапазон волн используют для связи с искусственными спутниками Земли, космическими кораблями и между ними.

Но наземная дальность действия даже мощной ультракоротковолновой станции не превышает, как правило, 100-200 км. Лишь путь наиболее длинных волн этого диапазона (8-9 м) несколько искривляется нижним слоем ионосферы, который как бы пригибает их к земле. Благодаря этому расстояние, на котором возможен прием ультракоротковолнового передатчика, может быть большим. Иногда, однако, передачи ультракоротковолновых станций слышны на расстояниях в сотни и тысячи километров от них.

# инфракрасное излучение



Излучается атомами и молекулами вещества.

Инфракрасное излучение дают все тела при любой температуре.

Человек тоже излучает электромагнитные волны

Свойства: проходит через некоторые непрозрачные тела, а также сквозь дождь, дымку, снег.

Производит химическое действие на фотопластинки.

Поглощаясь веществом, нагревает его.

Вызывает внутренний фотоэффект у германия.  
Невидимо.

Способно к явлениям интерференции и дифракции.

Регистрируют тепловыми методами,  
фотоэлектрическими и фотографическими.

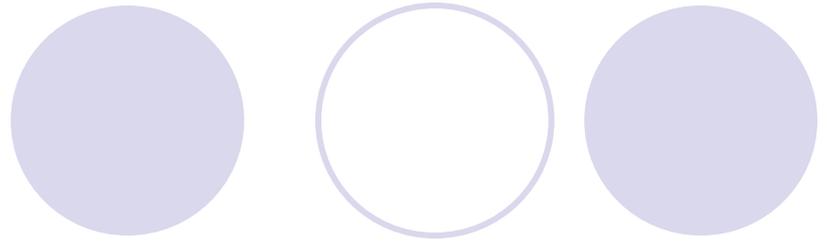
**Применение:** получают изображения предметов в темноте, приборах ночного видения (ночные бинокли), тумане. Используют в криминалистике, в физиотерапии, в промышленности для сушки окрашенных изделий, стен зданий, древесины, фруктов

# инфракрасное излучение

- Инфракрасное излучение возникает при электронных переходах с одного энергетического уровня на другой в атомах и молекулах. При этом диапазон инфракрасного излучения частично перекрывается радиоволнами. Границы между ними весьма условны и определяются способом получения волн. Инфракрасное излучение впервые обнаружил в 1800 году У. Гершель. Он же установил, что инфракрасное излучение подчиняется законам отражения и преломления. Для регистрации инфракрасного излучения, близкого к видимому, используют фотографический метод. В других диапазонах применяют термопары и болометры.



# ВИДИМЫЙ СВЕТ



Часть электромагнитного излучения, воспринимаемая глазом (от красного до фиолетового).

Диапазон длин волн занимает небольшой интервал приблизительно от 390 до 750 нм.

Свойства: отражается, преломляется, воздействует на глаз, способен к явлениям дисперсии, интерференции, дифракции, т.е. ко всем явлениям, характерным для электромагнитных волн



# ВИДИМЫЙ СВЕТ

- Первые теории о природе света - корпускулярная и волновая - появились в середине 17 века. Согласно корпускулярной теории (или теории истечения) свет представляет собой поток частиц (корпускул), которые испускаются источником света. Эти частицы движутся в пространстве и взаимодействуют с веществом по законам механики. Эта теория хорошо объясняла законы прямолинейного распространения света, его отражения и преломления. Основоположителем данной теории является Ньютон.
- Согласно волновой теории свет представляет собой упругие продольные волны в особой среде, заполняющей все пространство - светоносном эфире. Распространение этих волн описывается принципом Гюйгенса. *Каждая точка эфира, до которой дошел волновой процесс, является источником элементарных вторичных сферических волн, огибающая которых образует новый фронт колебаний эфира.*
- Гипотеза о волновой природе света высказана Гуком, а развитие она получила в работах Гюйгенса, Френеля, Юнга.
- Понятие упругого эфира привело к неразрешимым противоречиям. Например, явление поляризации света показало, что световые волны поперечны. Упругие поперечные волны могут распространяться только в твердых телах, где имеет место деформация сдвига. Поэтому эфир должен быть твердой средой, но в то же время не препятствовать движению космических объектов. Экзотичность свойств упругого эфира являлась существенным недостатком первоначальной волновой теории.
- Противоречия волновой теории были разрешены в 1865 году Максвеллом, который пришел к выводу, что свет - электромагнитная волна. Одним из аргументов в пользу данного утверждения является совпадение скорости электромагнитных волн, теоретически вычисленных Максвеллом, со скоростью света, определенной экспериментально (в опытах Рёмера и Фуко).
- Согласно современным представлениям, свет имеет двойственную корпускулярно-волновую природу. В одних явлениях свет обнаруживает свойства волн, а в других - свойства частиц. Волновые и квантовые свойства дополняют друг друга.
- В настоящее время установлено, что корпускулярно - волновая двойственность свойств присуща также любой элементарной частице вещества. Например, обнаружена дифракция электронов, нейтронов.
- Корпускулярно-волновой дуализм является проявлением двух форм существования материи - вещества и поля.

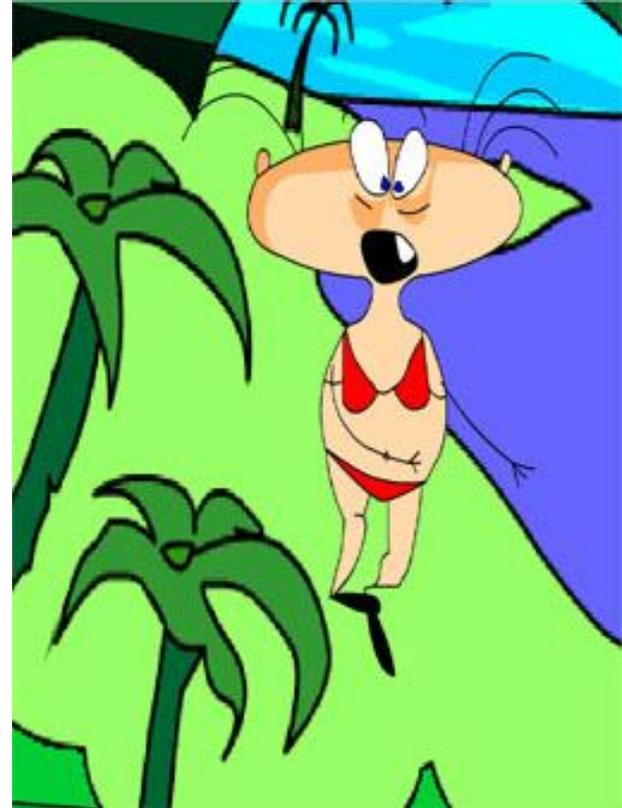
# ультрафиолетовое излучение

**Источники:** Газоразрядные лампы с трубками из кварца (кварцевые лампы).

Излучается всеми твердыми телами, у которых температура больше  $1000^{\circ}\text{C}$ , а также светящимися парами ртути.

**Свойства:** Высокая химическая активность (разложение хлорида серебра, свечение кристаллов сульфида цинка), невидимо, большая проникающая способность, убивает микроорганизмы, в небольших дозах благотворно влияет на организм человека (загар), но в больших дозах оказывает отрицательное биологическое воздействие: изменения в развитии клеток и обмене веществ, действие на глаза

**Применение:** В медицине, в промышленности



# ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение, как и инфракрасное, возникает при электронных переходах с одного энергетического уровня на другой в атомах и молекулах. Ультрафиолетовый диапазон перекрывается рентгеновским излучением.

В 1801 году И. Риттер и У. Воластон открыли ультрафиолетовое излучение. Оказалось, что оно действует на хлорид серебра. поэтому УФ излучение исследуют фотографическим методом, а также с помощью люминесценции и фотоэффекта.

Трудности в исследовании УФ излучений связаны с тем, что они сильно поглощаются различными веществами. в том числе и стеклом. Поэтому в установках для исследования УФ используют не обычное стекло, а кварц или специальные искусственные кристаллы.

УФ излучение с длиной волны до 150 - 200 нм заметно поглощается воздухом и другими газами, поэтому для его исследования используют вакуумспектрографы.

# рентгеновское излучение

Излучаются при большом ускорении электронов, например их торможение в металлах.

Получают при помощи рентгеновской трубки: электроны в вакуумной трубке ( $p = 3$  атм) ускоряются электрическим полем при высоком напряжении, достигая анода, при соударении резко тормозятся. При торможении электроны движутся с ускорением и излучают электромагнитные волны с малой длиной (от 100 до 0,01 нм).

**Свойства:** Интерференция, дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке, большая проникающая способность. Облучение в больших дозах вызывает лучевую болезнь.

**Применение:** В медицине (диагностика заболеваний внутренних органов), в промышленности (контроль внутренней структуры различных изделий, сварных швов).



# рентгеновское излучение

В 1895 году В. Рентген обнаружил излучение с длиной волны, меньшей, чем УФ.

Это излучение возникало при бомбардировке анода потоком электронов, испускаемых катодом. Энергия электронов должна быть очень большой - порядка нескольких десятков тысяч электрон-вольт. Косой срез анода обеспечил выход лучей из трубки. Рентген также исследовал свойства "X-лучей". Определил, что оно сильно поглощается плотными веществами - свинцом и другими тяжелыми металлами.

Им же было установлено, что рентгеновское излучение поглощается по-разному. излучение которое сильно поглощается, было названо мягким, мало поглощаемое - жестким.

В дальнейшем было выяснено, что мягкому излучению соответствуют более длинные волны, жесткому - более короткие.

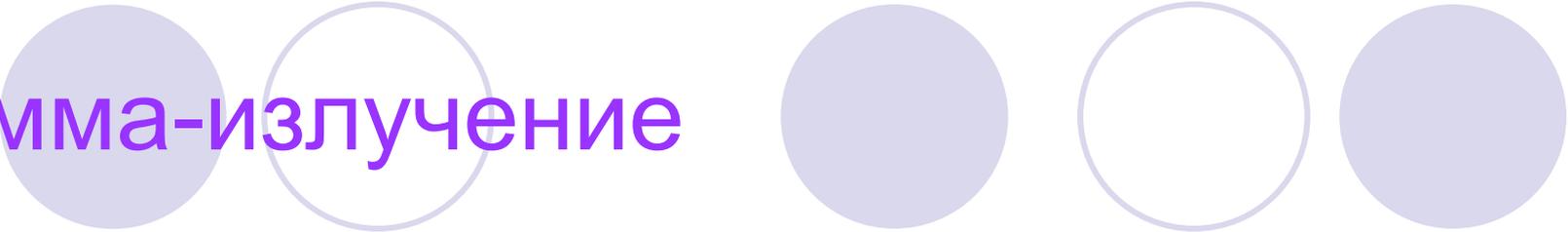
В 1901 году Рентген первым из физиков получил Нобелевскую премию.

# гамма-излучение

- Длина волны менее 0,01 нм.
- Самое высокоэнергетическое излучение.
- Имеет огромную проникающую способность, оказывает сильное биологическое воздействие
- **Применение**  
В медицине, производстве (гамма-дефектоскопия).



# гамма-излучение



- Атомы и атомные ядра могут находиться в возбужденном состоянии менее 1 нс. За более короткое время они освобождаются от избытка энергии путем испускания фотонов - квантов электромагнитного излучения. Электромагнитное излучение, испускаемое возбужденными атомными ядрами, называется гамма-излучением.
- Гамма-излучение представляет собой поперечные электромагнитные волны.
- Гамма-излучение - самое коротковолновое излучение. Длина волны меньше 0,1 нм. Это излучение связано с ядерными процессами, явлениями радиоактивного распада, происходящими с некоторыми веществами как на Земле, так и в космосе.
- Атмосфера Земли пропускает только часть всего электромагнитного излучения, поступающего из космоса. Например почти все гамма-излучение поглощается земной атмосферой. Это обеспечивает возможность существования всего живого на Земле.
- Гамма-излучение взаимодействует с электронными оболочками атомов, передавая часть своей энергии электронам. Путь пробега гамма-квантов в воздухе исчисляется сотнями метров, в твердом веществе - десятками сантиметров и даже метрами. Проникающая способность гамма-излучения увеличивается с ростом энергии волны и уменьшением плотности вещества.