

Тема: Шкала электромагнитных волн

Шкала электромагнитных волн представляет собой непрерывную последовательность частот и длин электромагнитных излучений, которые являются распространяющимся в пространстве переменным магнитным полем. Теория электромагнитных явлений Джеймса Максвелла позволила установить, что в природе существуют электромагнитные волны разных длин.

Длина волны или связанная с ней частота волны характеризуют не только волновые, но и квантовые свойства электромагнитного поля. Соответственно в первом случае электромагнитная волна описывается классическими законами, изучаемыми в этом курсе.

Рассмотрим понятие спектра электромагнитных волн.

Спектром электромагнитных волн называется полоса частот электромагнитных волн, существующих в природе.

Спектр электромагнитного излучения в порядке увеличения частоты составляют:

Антенна

- 1) Низкочастотные волны($\lambda > 10^4 \text{ м}$);
- 2) Радиоволны($10^{-3} \text{ м} < \lambda < 10^4 \text{ м}$);

Атом

- 3) Инфракрасное излучение($10^{-6} \text{ м} < \lambda < 10^{-3} \text{ м}$);
- 4) Световое излучение($10^{-9} < \lambda < 10^{-6}$);
- 5) Рентгеновское излучение($10^{-12} < \lambda < 10^{-9}$);

Атомные ядра

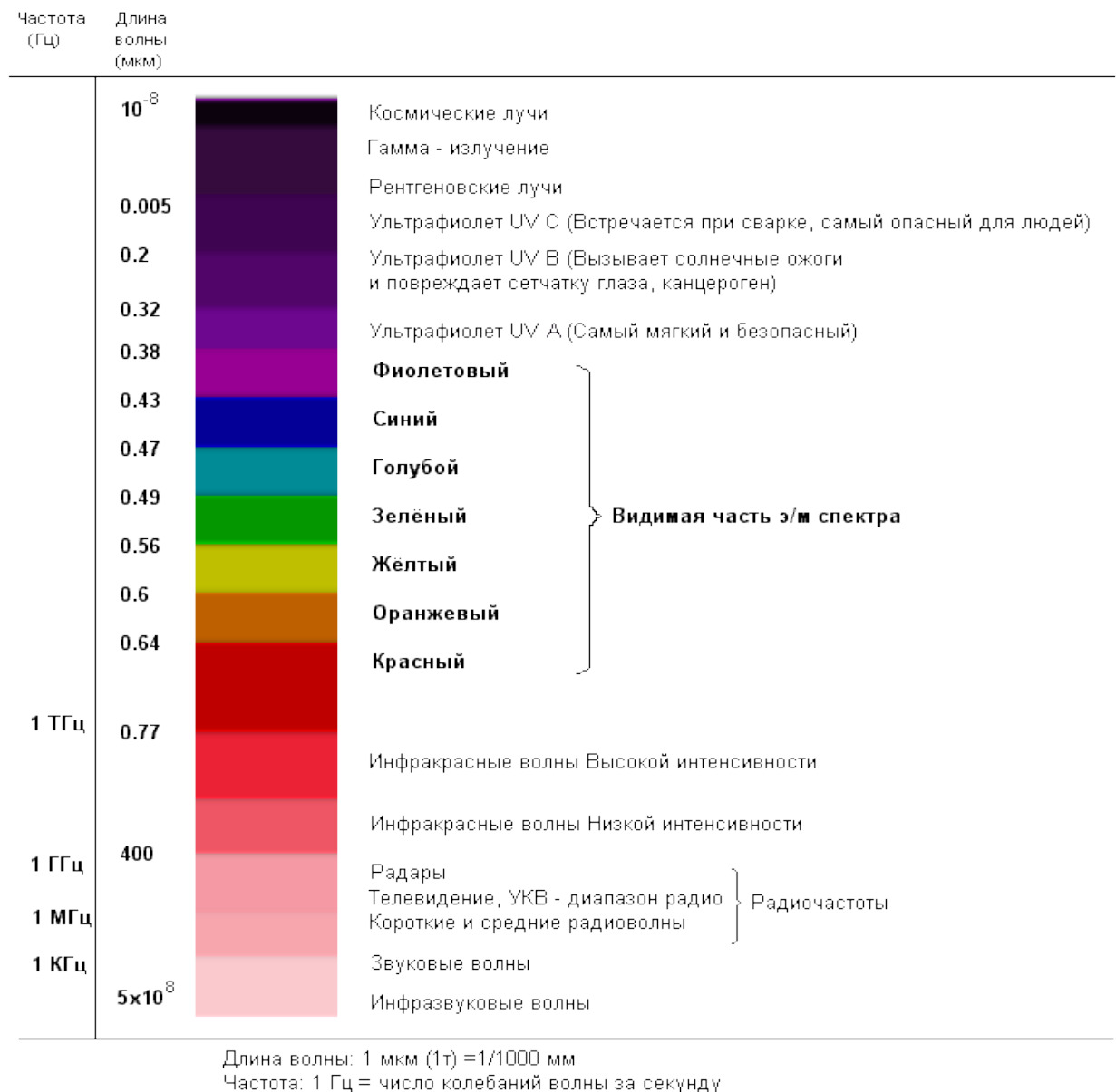
- 6) Гамма излучение($\lambda < 10^{-12}$).

Различные участки электромагнитного спектра отличаются по способу излучения и приёма волн, принадлежащих тому или иному участку спектра. По этой причине, между различными участками электромагнитного спектра нет резких границ, но каждый диапазон обусловлен своими особенностями и

превалированием своих законов, определяемых соотношениями линейных масштабов.

Радиоволны изучает классическая электродинамика. Инфракрасное световое и ультрафиолетовое излучение изучает как классическая оптика, так и квантовая физика. Рентгеновское и гамма излучение изучается в квантовой и ядерной физике.

Шкала электромагнитного излучения



Инфракрасное излучение

Инфракрасное излучение – это часть спектра излучения Солнца, которая непосредственно примыкает к красной части видимой области спектра и которая обладает способностью нагревать большинство предметов.

Человеческий глаз не в состоянии видеть в этой части спектра, но мы можем чувствовать тепло. Как известно, любой объект, чья температура превышает ($- 273$) градусов Цельсия излучает, а спектр его излучения определяется только его температурой и излучательной способностью. Инфракрасное излучение имеет две важные характеристики : длину волны (частоту) излучения и интенсивность. Эта часть электромагнитного спектра включает излучение с длиной волны от 1 миллиметра до восьми тысяч атомных диаметров (около 800 нм).

Инфракрасные лучи абсолютно безопасны для организма человека в отличие от рентгеновских, ультрафиолетовых или СВЧ. У некоторых животных (например, у норных гадюк) есть даже органы чувств, позволяющие им определять местонахождение теплокровной жертвы по инфракрасному излучению ее тела.

Открытие

Инфракрасное излучение было открыто в 1800 английским учёным В. Гершелем, который обнаружил, что в полученном с помощью призмы спектре Солнца за границей красного света (т. е. в невидимой части спектра) температура термометра повышается (рис. 1). В 19 в. было доказано, что Инфракрасное излучение подчиняется законам оптики и, следовательно, имеет ту же природу, что и видимый свет.

Применение

Инфракрасные лучи для лечения болезней начали использоваться с античных времен, когда врачи применяли горящие угли, очаги, нагретое железо, песок, соль, глину и т.п. для излечения обмороживания, язв, карбункулов, ушибов, кровоподтеков и т.д. Гиппократ описывал способ их применения для обработки ран, язв, повреждений от холода и т.д. В 1894 г. Келлог ввел в терапию электрические лампы накаливания, после чего инфракрасные лучи были с успехом применены при заболеваниях лимфатической системы, суставов, грудной клетки (плевриты), органов брюшной полости (энтериты, рези и т.п.), печени и желчного пузыря.

В инфракрасном спектре есть область с длинами волн примерно от 7 до 14 мкм(так называемая длинноволновая часть инфракрасного диапазона), оказывающая на организм человека по - настоящему уникальное полезное действие. Эта часть инфракрасного излучения соответствует излучению самого человеческого тела с максимумом на длине волны около 10 мкм. Поэтому любое внешнее излучение с такими длинами волн наш организм воспринимает как «своё».Самый известный естественный источник инфракрасных лучей на нашей Земле - это Солнце, а самый известный на Руси искусственный источник длинноволновых инфракрасных лучей - это русская печь, и каждый человек обязательно испытывал на себе их благотворное влияние.

Инфракрасные диоды и фотодиоды повсеместно применяются в пультах дистанционного управления, системах автоматики, охранных системах, некоторых мобильных телефонах и т. п. Инфракрасные лучи не отвлекают внимание человека в силу своей невидимости.

Инфракрасные излучатели применяют в промышленности для сушки лакокрасочных поверхностей. Инфракрасный метод сушки имеет существенные преимущества перед традиционным, конвекционным методом. В первую очередь это, безусловно, экономический эффект. Скорость и затрачиваемая энергия при инфракрасной сушке меньше тех же показателей при традиционных методах.

Детекторы инфракрасных лучей широко используются спасательными службами, например, для обнаружения живых людей под завалами после землетрясений или иных стихийных бедствий и техногенных катастроф.

Положительным побочным эффектом так же является стерилизация пищевых продуктов, увеличение стойкости к коррозии покрываемых красками поверхностей.

Особенностью применения ИК-излучения в пищевой промышленности является возможность проникновения электромагнитной волны в такие капиллярно-пористые продукты, как зерно, крупа, мука и т. п. на глубину до 7 мм. Эта величина зависит от характера поверхности, структуры, свойств материала и частотной характеристики излучения. Электромагнитная волна определённого частотного диапазона оказывает не только термическое, но и биологическое воздействие на продукт, способствует ускорению биохимических превращений в биологических полимерах (крахмал, белок, липиды)

Ультрафиолетовые лучи

К ультрафиолетовым лучам относят электромагнитное излучение с длиной волны от нескольких тысяч до нескольких атомных диаметров (400-10 нм). В этой части спектра излучение начинает оказывать влияние на жизнедеятельность живых организмов. Мягкие ультрафиолетовые лучи в солнечном спектре (с длинами волн, приближающимися к видимой части спектра), например, вызывают в умеренных дозах загар, а в избыточных -- тяжёлые ожоги. Жёсткий (коротковолновой) ультрафиолет губителен для биологических клеток и поэтому используется в медицине для стерилизации хирургических инструментов и медицинского оборудования, убивая все микроорганизмы на их поверхности.

Всё живое на Земле защищено от губительного влияния жесткого ультрафиолетового излучения озоновым слоем земной атмосферы, поглощающим большую часть жестких ультрафиолетовых лучей в спектре солнечной радиации. Если бы не этот естественный щит, жизнь на Земле едва ли бы вышла на сушу из вод Мирового океана. Однако, несмотря на защитный озоновый слой, какая-то часть жестких ультрафиолетовых лучей достигает поверхности Земли и способна вызвать рак кожи, особенно у людей, от рождения склонных к бледности и плохо загорающих на солнце.

История открытия

Вскоре после того, как было обнаружено инфракрасное излучение, немецкий физик Иоганн Вильгельм Риттер начал поиски излучения и в противоположном конце спектра, с длиной волны короче, чем у фиолетового цвета. В 1801 году он обнаружил, что хлорид серебра, разлагающийся под действием света, быстрее разлагается под действием невидимого излучения за пределами фиолетовой области спектра. Тогда, многие ученые, включая Риттера, пришли к соглашению, что свет состоит из трех отдельных компонентов: окислительного или теплового (инфракрасного) компонента, осветительного компонента (видимого света), и восстановительного (ультрафиолетового) компонента. В то время ультрафиолетовое излучение называли также «актиническим излучением».

Применение

Энергии ультрафиолетовых квантов достаточно для разрушения биологических молекул, в частности ДНК и белков. На этом основан один из методов уничтожения микробов.

Он вызывает на коже загар и необходим для выработки витамина D. Но чрезмерное облучение чревато развитием рака кожи. УФ излучение вредно для глаз. Поэтому на воде и особенно на снегу в горах обязательно нужно носить защитные очки.

Для защиты документов от подделки их часто снабжают ультрафиолетовыми метками, которые видны только в условиях ультрафиолетового освещения. Большинство паспортов, а также банкноты различных стран содержат защитные элементы в виде краски или нитей, светящихся в ультрафиолете.

Многие минералы содержат вещества, которые при освещении ультрафиолетовым излучением начинают испускать видимый свет. Каждая примесь светится по-своему, что позволяет по характеру свечения определять состав данного минерала.

Рентгеновское излучение

Рентгеновское излучение — электромагнитные волны, энергия фотонов которых лежит на энергетической шкале между ультрафиолетовым излучением и гамма-излучением, что соответствует длинам волн от 10^{-14} до 10^{-8} м).

Получение

Рентгеновские лучи возникают при сильном ускорении заряженных частиц (в основном электронов) либо же при высокоэнергетичных переходах в электронных оболочках атомов или молекул. Оба эффекта используются в рентгеновских трубках, в которых электроны, испущенные раскалённым катодом, ускоряются (при этом рентгеновские лучи не испускаются, т. к. ускорение слишком мало) и ударяются об анод, где они резко тормозятся (при этом испускаются рентгеновские лучи: т. н. тормозное излучение) и в то же время выбивают электроны из внутренних электронных оболочек атомов металла, из которого сделан анод. Пустые места в оболочках занимают другими электронами атома. При этом испускается рентгеновское излучение с определённой, характерной для материала анода, энергией (характеристическое излучение)

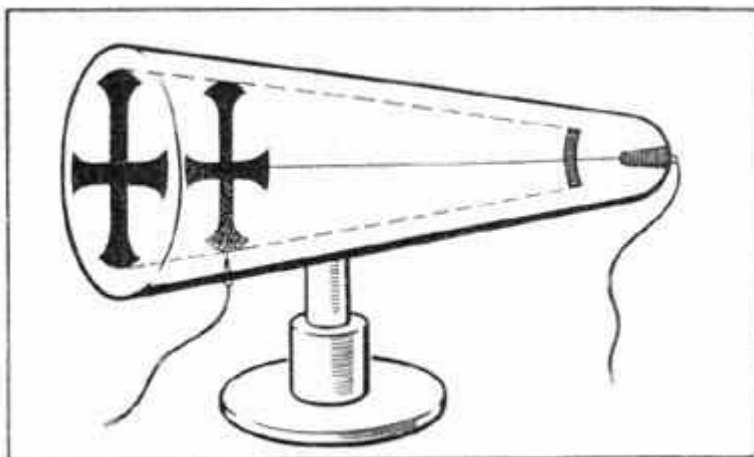
В процессе ускорения-торможения лишь 1% кинетической энергии электрона идёт на рентгеновское излучение, 99% энергии превращается в тепло.

Открытие

Открытие рентгеновского излучения приписывается Вильгельму Конраду Рентгену. Он был первым, кто опубликовал статью о рентгеновских лучах,

которые он назвал икс-лучами (x-ray). Статья Рентгена под названием «О новом типе лучей» была опубликована 28-го декабря 1895 года.

Тщательное исследование показало Рентгену, «что черный картон, не прозрачный ни для видимых и ультрафиолетовых лучей солнца, ни для лучей электрической дуги, пронизывается каким-то агентом, вызывающим энергичную флюоресценцию». Рентген исследовал проникающую способность этого «агента», который он для краткости назвал «Х-лучи», для различных веществ. Он обнаружил, что лучи свободно проходят через бумагу, дерево, эбонит, тонкие слои металла, но сильно задерживаются



свинцом.

Рисунок Опыт Крукса с катодым лучом

Затем он описывает сенсационный опыт: «Если держать между разрядной трубкой и экраном руку, то видны темные тени костей в слабых очертаниях тени самой руки». Это было первое рентгеноскопическое исследование человеческого тела. Рентген получил и первые рентгеновские снимки, приложив их к своей брошюре. Эти снимки произвели огромное впечатление; открытие еще не было завершено, а уже начала свой путь рентгенодиагностика. «Моя лаборатория была наводнена врачами, приводившими пациентов, подозревавших, что они имеют иголки в разных частях тела», — писал английский физик Шустер.

Уже после первых опытов Рентген твердо установил, что Х-лучи отличаются от катодных, они не несут заряда и не отклоняются магнитным полем, однако возбуждаются катодными лучами. «...Х-лучи не идентичны с катодными лучами, но возбуждаются ими в стеклянных стенках разрядной трубки», — писал

Рентген.

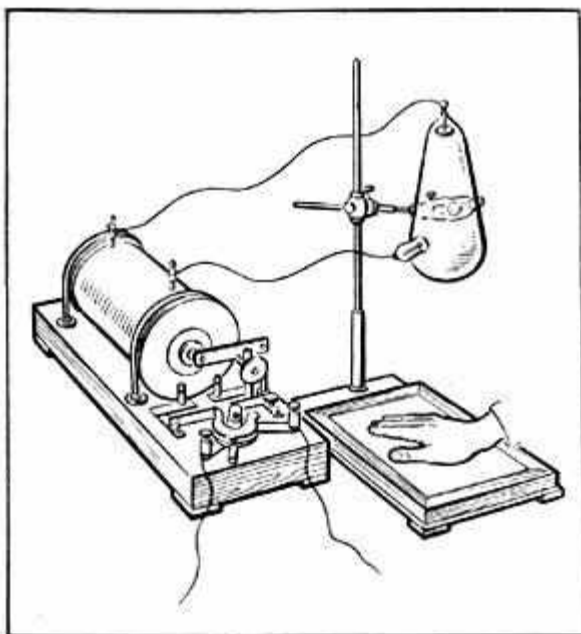


Рисунок Опыт с первой рентгеновской трубкой

Он установил также, что они возбуждаются не только в стекле, но и в металлах.

Упомянув о гипотезе Герца — Ленарда, что катодные лучи «есть явление, происходящее в эфире», Рентген указывает, что «нечто подобное мы можем сказать и о наших лучах». Однако ему не удалось обнаружить волновые свойства лучей, они «ведут себя иначе, чем известные до сих пор ультрафиолетовые, видимые, инфракрасные лучи». По своим химическим и люминесцентным действиям они, по мнению Рентгена, сходны с ультрафиолетовыми лучами. В первом сообщении он высказал оставленное потом предположение, что они могут быть продольными волнами в эфире.

Применение

При помощи рентгеновских лучей можно «просветить» человеческое тело, в результате чего можно получить изображение костей, а в современных приборах и внутренних органов.

Выявление дефектов в изделиях (рельсах, сварочных швах и т. д.) с помощью рентгеновского излучения называется рентгеновской дефектоскопией.

Используются для технологического контроля микроскопических изделий и позволяют выявлять основные виды дефектов и изменения в конструкции электронных блоков.

В материаловедении, кристаллографии, химии и биохимии рентгеновские лучи используются для выяснения структуры веществ на атомном уровне при помощи дифракционного рассеяния рентгеновского излучения.

При помощи рентгеновских лучей может быть определён химический состав вещества. В аэропортах активно применяются рентгенотелевизионные интроскопы, позволяющие просматривать содержимое ручной клади и багажа в целях визуального обнаружения на экране монитора предметов, представляющих опасность.

Рентгенотерапия — раздел лучевой терапии, охватывающий теорию и практику лечебного применения. Рентгенотерапию проводят преимущественно при поверхностно расположенных опухолях и при некоторых других заболеваниях, в том числе заболеваниях кожи.

Биологическое воздействие

Рентгеновское излучение является ионизирующим. Оно воздействует на ткани живых организмов и может быть причиной лучевой болезни, лучевых ожогов и злокачественных опухолей. По причине этого при работе с рентгеновским излучением необходимо соблюдать меры защиты. Считается, что поражение прямо пропорционально поглощённой дозе излучения. Рентгеновское излучение является мутагенным фактором.

Вывод:

Электромагнитным излучением называется изменение состояния электромагнитного поля (возмущение), способное распространяться в пространстве.

С помощью квантовой электродинамики можно рассматривать электромагнитное излучение не только как электромагнитные волны, но и как поток фотонов, то есть частиц, представляющих собой элементарное квантовое возбуждение электромагнитного поля. Сами же волны характеризуются такими признаками как длина (или частота), поляризация и амплитуда. Причем свойства частиц тем сильнее, чем короче длина волны. Особенно ярко эти свойства проявляются в явлении фотоэффекта (выбивания электронов из поверхности металла под действием света), открытого в 1887 Г.Герцем.

Такой дуализм подтверждается формулой Планка $\varepsilon = h\nu$. Эта формула связывает энергию фотона, которая является квантовой характеристикой, и частоту колебаний, являющуюся волновой характеристикой.

В зависимости от диапазона частоты выделяется несколько видов электромагнитного излучения. Хотя границы между этими типами достаточно условны, ведь скорость распространения волн в вакууме одинакова (равна 299 792 458 м/с), следовательно, частота колебания обратно пропорциональна длине электромагнитной волны.

Виды электромагнитного излучения различаются способом получения:

Несмотря на физические различия, во всех источниках электромагнитного излучения, будь то радиоактивное вещество, лампа накаливания или телевизионный передатчик, это излучение возбуждается движущимися с ускорением электрическими зарядами. Различают два основных типа источников. В «микроскопических» источниках заряженные частицы скачками переходят с одного энергетического уровня на другой внутри атомов или молекул. Излучатели такого типа испускают гамма-, рентгеновское, ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное, а в некоторых случаях и еще более длинноволновое излучение (примером последнего может служить линия в спектре водорода, соответствующая длине волны 21 см, играющая важную роль в радиоастрономии). Источники второго типа можно назвать макроскопическими. В них свободные электроны проводников совершают синхронные периодические колебания.

Различаются методами регистрации:

Видимый свет воспринимается глазом. Инфракрасное излучение является преимущественно тепловым излучением. Его регистрируют тепловыми методами, а также частично фотоэлектрическими и фотографическими методами. Ультрафиолетовое излучение химически и биологически активно. Оно вызывает явление фотоэффекта, флуоресценцию и фосфоресценцию (свечение) ряда веществ. Его регистрируют фотографическими и фотоэлектрическими методами.

Также они по-разному поглощаются и отражаются одинаковыми средами:

Излучения различной длины волны очень сильно отличаются друг от друга по поглощению их веществом. Коротковолновые излучения (рентгеновское и особенно γ -лучи) поглощаются слабо. Непрозрачные для волн оптического диапазона вещества прозрачны для этих излучений. Коэффициент отражения электромагнитных волн также зависит от длины волн.

Оказывают разное воздействие на биологические объекты при одинаковой интенсивности излучения:

Воздействия разных видов излучения на организм человека различны: гамма- и рентгеновское излучения пронизывают его, вызывая повреждение тканей, видимый свет вызывает зрительное ощущение в глазу, инфракрасное излучение, падая на тело человека, нагревает его, а радиоволны и электромагнитные колебания низких частот человеческим организмом и вовсе не ощущаются. Несмотря на эти явные различия, все названные виды излучений – в сущности разные стороны одного явления.