

# Инфракрасные лучи и их применение

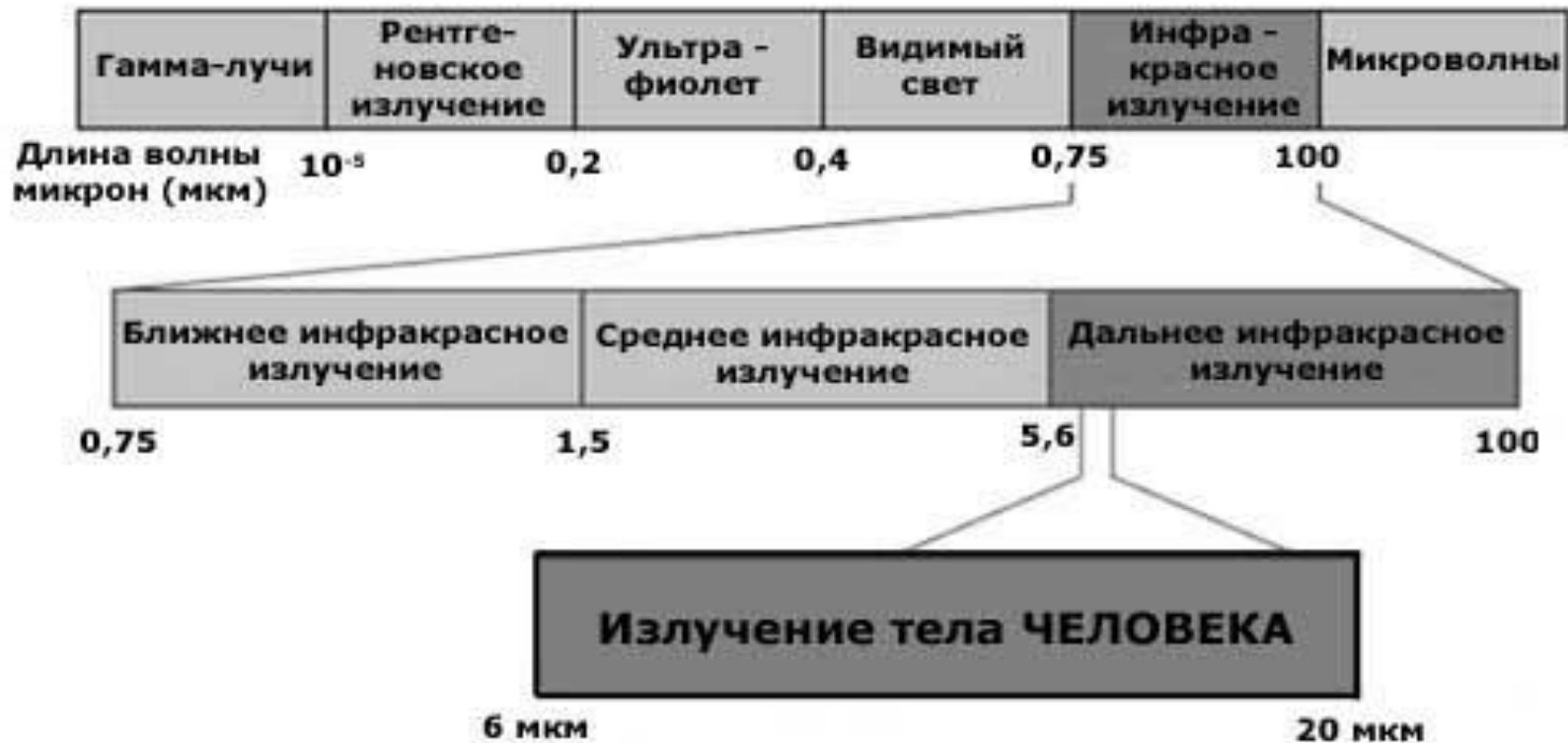
Курсовая работа по общей физике

# Содержание

- Введение
- Глава 1
  - История открытия ИК-лучей
  - Источники и приемники ИК-излучения
  - Специфические свойства ИК-излучения
- Глава 2 Применение ИК-лучей
  - Инфракрасная спектроскопия
  - Инфракрасная фотография
  - Инфракрасный нагрев
  - Электроннооптический преобразователь
  - Тепловизоры
- Заключение
- Список литературы

# Введение

- Несмотря на исключительно широкий диапазон изученных к настоящему времени электромагнитных волн все они имеют общие свойства. Однако в проявлениях этих свойств у волн разной длины имеется и своя специфика.
- С древних времен люди хорошо знали благотворную силу тепла или, говоря научным языком, инфракрасного излучения.
- Инфракрасное излучение занимает в спектре электромагнитных волн участок между красным концом спектра видимого излучения ( $\lambda=760$  нм) и началом спектра миллиметровых волн коротковолнового радиодиапазона ( $\lambda=1-2$  мм).
- Человеческий глаз не в состоянии видеть в этой части спектра, но мы можем чувствовать тепло.
- Инфракрасные лучи были открыты в 1800 году английским физиком Уильямом Гершеле. Подразделяют три области инфракрасного излучения в зависимости от длины волны: ближняя (0,75—1,5 микрометров), средняя (1,5 – 5,6 мкм) и дальняя (5,6—100 мкм).



- Инфракрасное излучение широко используется в промышленности, научных исследованиях, медицине, в военной технике. А это делает необходимым более глубокое исследование природы инфракрасного излучения и его свойств. В своей курсовой работе я рассматриваю специфические свойства электромагнитных волн данного диапазона и их применение в различных областях.

# Глава 1

## 1 История открытия ИК-лучей

- Зависимость человека от Солнца вынуждала вести за ним постоянные наблюдения, искать закономерности в его поведении.
- Теория и природа света на протяжении многих столетий была предметом изучения многих выдающихся деятелей. Только в XVII в. во взглядах на природу света появились две четко выраженные, подлинно научные теории: волновая и корпускулярная.
- Инфракрасный диапазон электромагнитного спектра был обнаружен в 1800 г. английским астрономом В. Гершелем. Ученый проводил серию опытов, чтобы выяснить, какой нагревательной способностью обладают различные участки солнечного спектра

# Опыт В. Гершеля

- Он исследовал оптический спектр, спроецированный на стол с помощью призмы. Чтобы узнать, как ведут себя отдельные участки оптического спектра, он подносил к ним чувствительный ртутный термометр. Разные участки спектра по-разному нагревали термометр. Нагрев термометра стал возрастать при перемещении термометра за красную границу оптического диапазона спектра. Ученый пришел к выводу, что существует излучение, не видимое глазом, но регистрируемое термометром. Это излучение он назвал инфракрасным или тепловым.



- Изучая, до какого предела распространяется инфракрасный диапазон спектра, ученые обнаружили, что этот диапазон переходит непосредственно в диапазон радиоволн. Единство природы световых, инфракрасных и радиоволн было доказано работами Дж. Максвелла (1861-1864 гг.), Г. Герца и П. Н. Лебедева (1896 г.)
- Открытие инфракрасного (теплого) излучения стало предпосылкой для создания приборов ночного видения. Основные его свойства были изучены в XIX в.
- В 1923 советский физик А. А. Глаголева-Аркадьева получила радиоволны с  $\lambda \sim 80$  мкм, т. е. соответствующие инфракрасному диапазону длин волн. Таким образом, экспериментально было доказано, что существует непрерывный переход от видимого излучения к инфракрасному излучению и радиоволновому и, следовательно, все они имеют электромагнитную природу.
- В это же время были созданы конструкции приемников теплового излучения, преобразующие падающее на них невидимое тепловое излучение в электрические сигналы.
- В начале XX в. бурное развитие получают фотоэлектрические приемники инфракрасного излучения, получившие название фото-сопротивлений.
- Любые фотоэлементы, независимо от силы освещения испускают тепловые лучи. Устройство, способное "видеть" предметы не в оптическом (видимом), а в инфракрасном (тепловом) диапазоне спектра было создано в 1934 г. Это был электронно-оптический преобразователь
- В современное время ИК-излучение находит широкое применение в научных исследованиях, при решении большого числа практических задач, в военном деле, в промышленности, в медицине и других областях.

# 2 Источники и приемники ИК-излучения

- Естественными источниками инфракрасного излучения являются: Солнце, Земля, звезды, планеты. Искусственным источником ИК-излучения является любое тело, температура которого выше температуры окружающей среды: костер, горящая свеча, работающий двигатель внутреннего сгорания, ракета, включенная электрическая лампа.
- Мощным источником И. и. является Солнце, около 50% излучения которого лежит в инфракрасной области.
- Излучение некоторых оптических квантовых генераторов — [лазеров](#) - также лежит в инфракрасной области спектра.
- Приёмники инфракрасного излучения основаны на преобразовании энергии И. и. в другие виды энергии, которые могут быть измерены обычными методами. Существуют тепловые и фотоэлектрические приёмники И. и. В первых поглощённое И. и. вызывает повышение температуры термочувствительного элемента приёмника, которое и регистрируется. В фотоэлектрических приёмниках поглощённое И. и. приводит к появлению или изменению электрического тока или напряжения. Фотоэлектрические приёмники, в отличие от тепловых, являются селективными приёмниками, т. е. чувствительными лишь в определённой области спектра.



# 3 Специфические свойства инфракрасного излучения

Специфические свойства инфракрасного излучения проявляются в их взаимодействии с веществом.

- Оптические свойства веществ (прозрачность, коэффициент отражения, коэффициент преломления) в инфракрасной области спектра, как правило, значительно отличаются от оптических свойств в видимой и ультрафиолетовой областях. Многие вещества, прозрачные в видимой области, оказываются непрозрачными в некоторых областях И. и. и наоборот.
- Вещества, прозрачные для И. и. и непрозрачные в видимой области, используются в качестве светофильтров для выделения И. и.
- Проходя через земную атмосферу, И. и. ослабляется в результате рассеяния и поглощения. Азот и кислород воздуха не поглощают И. и. и ослабляют его лишь в результате рассеяния, которое, однако, для И. и. значительно меньше, чем для видимого света. Пары воды, углекислый газ, озон и др. примеси, имеющиеся в атмосфере, селективно поглощают И. и.
- Наличие в атмосфере взвешенных частиц — дыма, пыли, мелких капель воды (дымка, туман) — приводит к дополнительному ослаблению И. и. в результате рассеяния его на этих частицах, причём величина рассеяния зависит от соотношения размеров частиц и длины волны И. и. При малых размерах частиц (воздушная дымка) И. и. рассеивается меньше, чем видимое излучение (что используется в инфракрасной фотографии), а при больших размерах капель (густой туман) И. и. рассеивается так же сильно, как и видимое.

# Глава 2 Применение ИК-излучения.

## 1 Инфракрасная спектроскопия

- Инфракрасная спектроскопия - раздел спектроскопии, включающий получение, исследование и применение спектров испускания, поглощения и отражения в инфракрасной области спектра. И. с. занимается главным образом изучением молекулярных спектров, так как в ИК-области расположено большинство колебательных и вращательных спектров молекул. В И. с. наиболее широкое распространение получило исследование ИК-спектров поглощения, которые возникают в результате поглощения ИК-излучения при прохождении его через вещество. Это поглощение носит селективный характер и происходит на тех частотах, которые совпадают с некоторыми собственными частотами колебаний атомов в молекулах вещества и с частотами вращения молекул как целого, а в случае кристаллического вещества — с частотами колебаний кристаллической решётки. В результате интенсивность ИК-излучения на этих частотах резко падает — образуются полосы поглощения

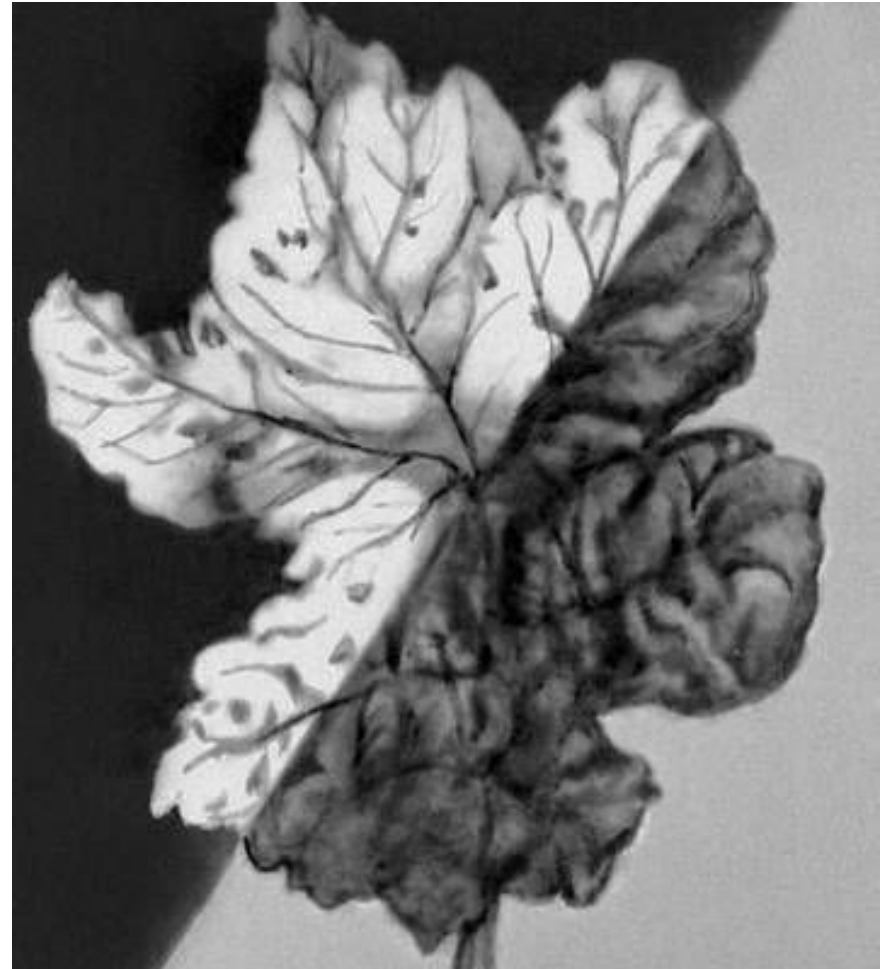
- Изучение колебательно-вращательных и чисто вращательных спектров методами И. с. позволяет определять структуру молекул, их химический состав, моменты инерции молекул, величины сил, действующих между атомами в молекуле, и др. Вследствие однозначности связи между строением молекулы и её молекулярным спектром И. с. широко используется для качественного и количественного анализа смесей различных веществ
- И. с. находит применение в исследовании строения полупроводниковых материалов, полимеров, биологических объектов и непосредственно живых клеток.
- И. с. играет большую роль в создании и изучении молекулярных оптических квантовых генераторов, излучение которых лежит в инфракрасной области спектра.

# 2 Инфракрасная фотография.

- Благодаря различию коэффициентов рассеяния, отражения и пропускания тел в видимом и И. и. фотография, полученная в И. и., обладает рядом особенностей по сравнению с обычной фотографией. Например, на инфракрасных снимках часто видны детали, невидимые на обычной фотографии
- Фотоснимки в ИК-излучении можно получать различными методами. Наиболее прост метод непосредственного фотографирования на фотопластинки и плёнки, чувствительные к ИК-излучению (инфраплёнки или пластинки). При этом на объектив фотоаппарата устанавливают светофильтр, пропускающий ИК-излучение и непрозрачный для видимого света.
- Чувствительность инфраплёнок и пластинок относительно мала, поэтому для И. ф. в условиях малой освещённости применяют приборы, состоящие из электронно-оптического преобразователя и обычного фотоаппарата.
- Такие приборы позволяют получать снимки на обычной фотоплёнке в полной темноте при небольшой мощности облучающего источника ИК-излучения.
- С помощью специальных приборов можно получать И. ф. в области  $\lambda > 1,2 \text{ мкм}$ .
- И. ф. позволяет получать дополнительную (по сравнению с фотографией в видимом свете или при рассматривании объекта глазом) информацию об объекте.

*Фотография «больного» листа дерева при обычном (справа, внизу) и инфракрасном (слева, сверху) освещении.*

- Благодаря различию коэффициентов отражения и пропускания в видимом и инфракрасном диапазонах на И. ф. можно увидеть детали, не видимые глазом и на обычной фотографии. Эти особенности И. ф. широко используются в ботанике — при изучении болезней растений



*Фотография ноги: слева — в видимом, справа — в инфракрасном излучении; на последней отчетливо видны вены.*

- **в медицине — при диагностике кожных и сосудистых заболеваний**



Фотографии части сертификата с обесцвеченной химически подписью и датой: сверху — в видимом свете, внизу — в инфракрасном излучении;

на последней видны уничтоженные первоначально подпись и дата.

- в криминалистике — при обнаружении подделок
- А также используются в инфракрасной аэросъемке, в астрономии — при фотографировании звёзд и туманностей, для получения фотографии в полной темноте

tion with full power of substitution in the  
ted \_\_\_\_\_ 190

In presence of



tion with full power of substitution in the  
ted Jan 19 1982

In presence of

vary. Ec

John Van



# 3 Инфракрасный нагрев

- В промышленности И. н. применяется для сушки и нагрева материалов и изделий при их облучении. Инфракрасный нагрев - нагрев материалов электромагнитным излучением с длиной волны 1,3—4 мкм (инфракрасное излучение). И. н. основан на свойстве материалов поглощать определённую часть спектра этого излучения. При соответствующем подборе спектра испускания инфракрасного излучателя достигается глубинный или поверхностный нагрев облучаемого тела, а также его локальная сушка без нагрева всего объекта.
- Источником энергии при И. н. служат инфракрасные излучатели, состоящие из собственно источника энергии (нагретого тела) и отражателя. В зависимости от степени нагрева источников их условно подразделяют на низкотемпературные, нагреваемые до температур менее 700 °С, среднетемпературные — от 700 до 1500 °С, высокотемпературные — выше 1500 °С.
- Установки И. н. представляют собой камеры, туннели или колпаки, размеры и формы которых соответствуют размерам и форме обрабатываемых изделий.
- Излучатели укрепляют на внутренней стороне установки; расстояние между ними и поверхностью нагреваемых предметов обычно составляет 15—45 см. В промышленности И. н. широко применяют для нагрева до сравнительно небольших температур низкими тепловыми потоками (сушка лакокрасочных материалов, овощей, фруктов; нагрев термопластических материалов перед формованием).



# 4 Электроннооптический преобразователь

- На основе фотокатодов, чувствительных к И. и. (для  $\lambda < 1,3$  мкм), созданы специальные приборы — электроннооптические преобразователи, в которых не видимое глазом инфракрасное изображение объекта на фотокатод преобразуется в видимое. На этом принципе построены различные приборы ночного видения (бинокли, прицелы и др.), позволяющие при облучении наблюдаемых объектов И. и. от специальных источников вести наблюдение или прицеливание в полной темноте.
- Создание высокочувствительных приёмников И. и. позволило построить специальные приборы — тепlopеленгаторы для обнаружения и пеленгации объектов, температура которых выше температуры окружающего фона (нагретые трубы кораблей, двигатели самолётов, выхлопные трубы танков и др.), по их собственному тепловому И. и.

# 5 Тепловизоры

- Инфракрасное излучение является низкоэнергетическим и для глаза человека невидимо, поэтому для его изучения созданы специальные приборы - тепловизоры (термографы), позволяющие улавливать это излучение, измерять его и превращать его в видимую для глаза картину. Тепловизоры относятся к оптико-электронным приборам пассивного типа. В них невидимое глазом человека излучение переходит в электрический сигнал, который подвергается усилению и автоматической обработке, а затем преобразуется в видимое изображение теплового поля объекта для его визуальной и количественной оценки.
- Таким образом, на экране тепловизора мы видим значения мощности инфракрасного излучения в каждой точке поля зрения тепловизора, отображенные
- согласно заданной цветовой палитре (черно-белой или цветной).
- Тепловидение нашло применение во многих сферах человеческой деятельности. Например, тепловизоры применяются в целях военной разведки и охраны объектов.
- Объекты обычной военной техники видны на расстоянии 2-3 км.

- Перспективно использование тепловизоров для нахождения дефектов в различных установках. Естественно, когда в какой-нибудь установке или узле наблюдается повышение или понижение тепловыделения при каком-нибудь процессе в местах, где этого не должно быть, или тепловыделение (теплопоглощение) в подобных узлах сильно различается, то неполадку можно своевременно исправить. Иногда некоторые дефекты можно заметить только с помощью тепловизора. Например, на мостах и тяжелых опорных конструкциях при старении металла или нерасчетных деформациях начинает выделяться больше энергии, чем должно.
- В современной медицине тепловизионное обследование представляет мощный диагностический метод, позволяющий выявлять такие патологии, которые плохо поддаются контролю другими способами. Тепловизионное обследование служит для диагностики на ранних стадиях (до рентгенологических проявлений, а в некоторых случаях задолго до появления жалоб больного)
- Как абсолютно безвредный прибор тепловизор эффективно применяется в акушерстве и педиатрии.
- У здорового человека распределение температур симметрично относительно средней линии тела. Нарушение этой симметрии и служит основным критерием тепловизионной диагностики заболеваний.

# Некоторые применения тепловизионных устройств в промышленности:

- Энергетика (состояние дымовых труб и газоходов, состояние статоров генераторов, проверка маслonaполненного оборудования, теплоизоляция турбин, паро- и трубопроводов, обнаружение мест присосов холодного воздуха, контроль состояния теплотрасс)
- Нефтегазовый комплекс (проверка состояния электрооборудования, контроль технологических линий, поиск энергопотерь, обнаружение утечек из газопроводов, предотвращение пожаров)
- Энергосбережение (диагностика ограждающих конструкций, обнаружение теплопотерь во внутренних помещениях и снаружи зданий и сооружений, определение теплоизоляционных свойств материалов)
- Химическая промышленность (проверка герметичности и изоляции емкостей для хранения различных жидкостей и газов)
- Машиностроение (контроль подшипников, зубчатых передач, валов, муфт и т. д., обнаружение несосности оборудования, контроль температурных режимов сварки, термоэластический анализ напряжений)
- Микроэлектроника (контроль качества сборки печатных плат)
- Автомобильная промышленность (проектирование климатических систем автомобиля, контроль за ультразвуковой сваркой амортизаторов, разработка и проверка дисковых тормозов, контроль теплообменных процессов в радиаторах, двигателях и выхлопных системах)

# Заключение

Таким образом, я в своей работе я собрала исторические сведения об открытии и исследовании инфракрасного излучения, рассмотрела основные специфические свойства излучения данного диапазона и, главное, показала важность дальнейшего его изучения с целью применения в различных областях деятельности человека.

Инфракрасное излучение широко используется в промышленности, научных исследованиях, медицине, в военной технике. Тепловидение нашло применение во многих сферах человеческой деятельности. Оно не заменимо для медицины, а это, самая важная наука для человека. ИК-лучи применяются в машиностроительной, химической, автомобильной промышленности, микроэлектронике, а также в энергоснабжении.

Из всего вышесказанного следует, что исследования ИК-лучей и внедрение связанных с ними систем в различные области жизнедеятельности имеют огромное значение для всего человечества.