



Физика - одна из самых удивительных наук! Физика столь интенсивно развивается, что даже лучшие педагоги сталкиваются с большими трудностями, когда им надо рассказать о современной науке. Данный ресурс поможет эффективно и интересно изучать физику. Учите физику!

Пользовательского поиска

Поиск

Главная Новости Обучение Лекции Тестирование

Обучение и материалы

Физический справочник
 Формулы по физике
 Шпаргалки по физике
 Энциклопедия
 Репетиторы по физике
 Работа для физиков

Реклама от Google

Лекция

Законы

Быстрый устный счет
 Виртуальные лабораторные
 Опыты по физике
 ЕГЭ онлайн
 Онлайн тестирование
 Ученые физики
 Необъяснимые явления
 Ваша реклама на сайте
 Разное
 Контакты

Спецкурс

Фейнмановские лекции

Том 1
 Том 2
 Том 3
 Том 4
 Том 5
 Том 6
 Том 7
 Том 8
 Том 9
 Том 10

В мире больших скоростей

Читать книгу

Введение в теорию относительности

Читать книгу

Лекции по биофизике

Лекции по ядерной физике

Ускорение времени...

Лазеры

Нанотехнологии

Книги

полезное

Смешные анекдоты о физике
 Готовые шпоры по физике
 Физика в жизни
 Ученые и деньги
 Нобелевские лауреаты
 Фото

Главная >> Биофизика

Лекция №16. Тепловое излучение

1. Понятие теплового излучения и его характеристики

Итак, что такое тепловое излучение?

Тепловое излучение - это электромагнитное излучение, которое возникает за счет энергии вращательного и колебательного движения атомов и молекул в составе вещества. Тепловое излучение характерно для всех тел, которые имеют температуру, превышающую температуру абсолютного нуля.

Тепловое излучение тела человека относится к инфракрасному диапазону электромагнитных волн. Впервые такое излучение было открыто английским астрономом Вильямом Гершелем. В 1865 английский физик Дж. Максвелл доказал, что ИК - излучение имеет электромагнитную природу и представляет собой волны длиной от 760нм до 1-2мм. Чаще всего весь диапазон ИК - излучения делят на области: ближнюю (750нм-2.500нм), среднюю (2.500нм - 50.000нм) и дальнюю (50.000нм-2.000.000нм).

Рассмотрим случай, когда тело А расположено в полости Б, которая ограничена идеальной отражающей (непроницаемой для излучения) оболочкой С (рис.1). В результате многократного отражения от внутренней поверхности оболочки излучение будет сохраняться в пределах зеркальной полости и частично поглощаться телом А. При таких условиях система полость Б – тело А не будет терять энергию, а будет лишь происходить непрерывный обмен энергией между телом А и излучением, которое заполняет полость Б.

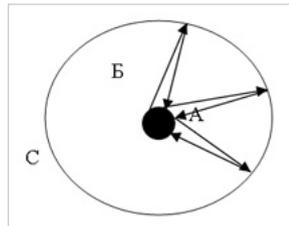


Рис.1. Многократное отражение тепловых волн от зеркальных стенок полости Б

Если распределение энергии остается неизменным для каждой длины волны, то состояние такой системы будет равновесным, а излучение также будет равновесным. Единственным видом равновесного излучения является тепловое. Если по какой-то причине равновесие между излучением и телом сместится, то начинают протекать такие термодинамические процессы, которые вернут систему в состояние равновесия. Если тело А начинает излучать больше, чем поглощает, то тело начинает терять внутреннюю энергию и температура тела (как мера внутренней энергии) начнет падать, что уменьшит количество излучаемой энергии. Температура тела будет падать до тех пор, пока количество излучаемой энергии не станет равным количеству энергии, поглощаемой телом. Таким образом, наступит равновесное состояние.

Равновесное тепловое излучение имеет такие свойства: однородное (одинаковая плотность потока энергии во всех точках полости), изотропное (возможные направления распространения равновероятны), неполяризованное (направления и значения векторов напряженностей электрического и магнитного полей во всех точках полости изменяются хаотически).

Основными количественными характеристиками теплового излучения являются:

- **энергетическая светимость** - это количество энергии электромагнитного излучения во всем диапазоне длин волн теплового излучения, которое излучается телом во всех направлениях с единицы площади поверхности за единицу времени: $R = E/(S \cdot t)$, [Дж/(м²с)] = [Вт/м²] Энергетическая светимость зависит от природы тела, температуры тела, состояния поверхности тела и длины волны излучения.

- **спектральная плотность энергетической светимости** - энергетическая светимость тела для данных длин волн ($\lambda + d\lambda$) при данной температуре ($T + dT$): $R_{\lambda,T} = f(\lambda, T)$.

Энергетическая светимость тела в пределах каких-то длин волн вычисляется интегрированием $R_{\lambda,T} = f(\lambda, T)$ для $T = \text{const}$:

$$R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R_{\lambda,T} d\lambda = S_{\lambda_1 \lambda_2}$$

Видео
Карта сайта

На заметку

Если вам понравился сайт, предлагаем разместить нашу кнопку



Дополнительно

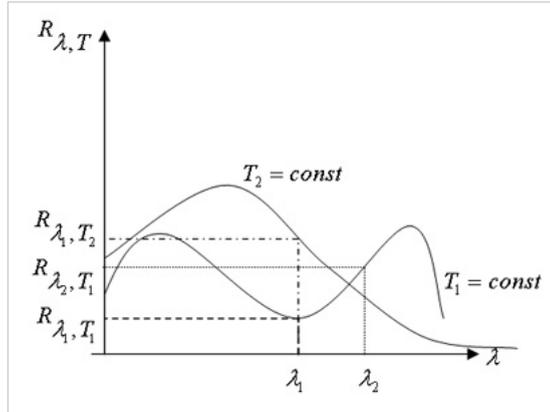
Компьютерные программы по физике



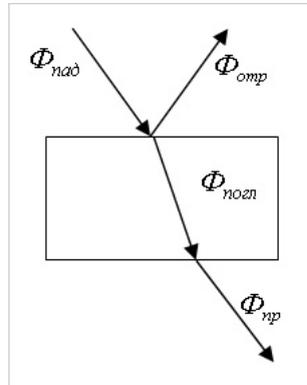
Физика и юмор



Онлайн тестирование по физике



- **коэффициент поглощения** - отношение поглощенной телом энергии к падающей энергии. Так, если на тело падает излучение потока $d\Phi_{пад}$, то одна его часть отражается от поверхности тела - $d\Phi_{отр}$, другая часть проходит в тело и частично превращается в теплоту $d\Phi_{погл}$, а третья часть после нескольких внутренних отражений - проходит через тело наружу $d\Phi_{пр}$: $\alpha = d\Phi_{погл}/d\Phi_{пад}$.

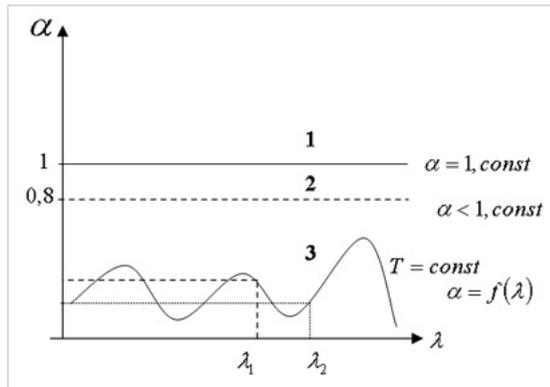


Коэффициент поглощения α зависит от природы поглощающего тела, длины волны поглощаемого излучения, температуры и состояния поверхности тела.

- **монохроматический коэффициент поглощения** - коэффициент поглощения теплового излучения данной длины волны при заданной температуре: $\alpha_{\lambda, T} = f(\lambda, T)$

Среди тел есть такие тела, которые могут поглощать все тепловое излучение любых длин волн, которое падает на них. Такие идеально поглощающие тела называются **абсолютно черными телами**. Для них $\alpha = 1$.

Есть также серые тела, для которых $\alpha < 1$, но одинаковый для всех длин волн инфракрасного диапазона.



Моделью АЧТ является малое отверстие полости с теплонепроницаемой оболочкой. Диаметр отверстия составляет не более 0,1 диаметра полости. При постоянной температуре из отверстия излучается некоторая энергия, соответствующая энергетической светимости абсолютно черного тела. Но АЧТ - это идеализация. Но законы теплового излучения АЧТ помогают приблизиться к реальным закономерностям.

2. Законы теплового излучения

1. **Закон Кирхгофа**. Тепловое излучение является равновесным - сколько энергии излучается телом, столь ее им и

поглощается. Для трех тел, находящихся в замкнутой полости можно записать:

$$\left(\frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_1 = \left(\frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_2 = \left(\frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_3 = \text{const.}$$

Указанное соотношение будет верным и тогда, когда одно из тел будет АЧ:

$$\left(\frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_1 = \left(\frac{R_{\lambda T}}{\alpha_{\lambda T}} \right)_2 = (R_{\lambda T})_{\text{авт}} = \varepsilon(\lambda, T).$$

Т.к. для АЧ $\alpha_{\lambda T}$.

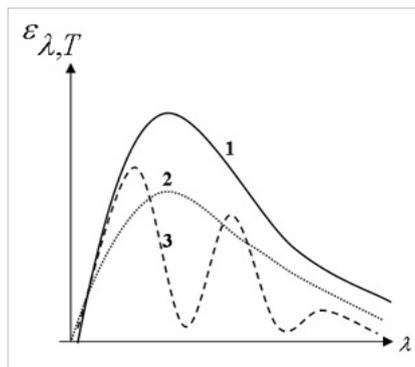
Это закон Кирхгофа: отношение спектральной плотности энергетической светимости тела к его монохроматическому коэффициенту поглощения (при определенной температуре и для определенной длины волны) не зависит от природы тела и равно для всех тел спектральной плотности энергетической светимости при тех же самых температуре и длине волны.

Следствия из закона Кирхгофа:

1. Спектральная энергетическая светимость АЧ является универсальной функцией длины волны и температуры тела.
2. Спектральная энергетическая светимость АЧ наибольшая.
3. Спектральная энергетическая светимость произвольного тела равна произведению его коэффициента поглощения на спектральную энергетическую светимость абсолютно черного тела.
4. Любое тело при данной температуре излучает волны той же длины волны, которое оно излучает при данной температуре.

Систематическое изучение спектров ряда элементов позволило Кирхгофу и Бунзену установить однозначную связь между спектрами поглощения и излучения газов и индивидуальностью соответствующих атомов. Так был предложен *спектральный анализ*, с помощью которого можно выявить вещества, концентрация которых составляет 0,1 нм.

Распределение спектральной плотности энергетической светимости для абсолютно черного тела, серого тела, произвольного тела. Последняя кривая имеет несколько максимумов и минимумов, что указывает на избирательность излучения и поглощения таких тел.



2. Закон Стефана-Больцмана.

В 1879 году австрийские ученые Йозеф Стефан (экспериментально для произвольного тела) и Людвиг Больцман (теоретически для АЧТ) установили, что общая энергетическая светимость во всем диапазоне длин волн пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры тела:

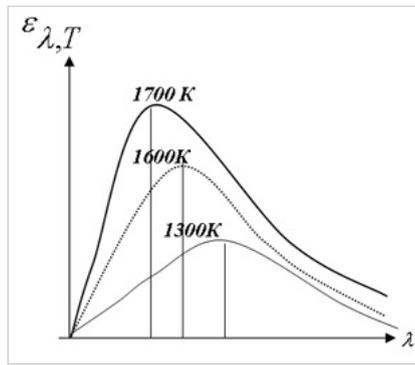
$$R = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (R_{\lambda T})_{\text{авт}} \cdot d\lambda = \sigma \cdot T^4, \text{ где } \sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$$

3. Закон Вина.

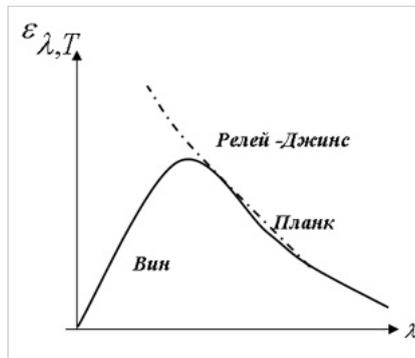
Немецкий физик Вильгельм Вин в 1893 году сформулировал закон, который определяет положение максимума спектральной плотности энергетической светимости тела в спектре излучения АЧТ в зависимости от температуры. Согласно закону, длина волны λ_{max} , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости АЧТ, обратно пропорционален его абсолютной температуре T : $\lambda_{\text{max}} = \nu/T$, где $\nu = 2,9 \cdot 10^{-3}$ м·К- постоянная Вина.

Таким образом, при увеличении температуры изменяется не только полная энергия излучения, но и сама форма кривой распределения спектральной плотности энергетической светимости. Максимум спектральной плотности при увеличении температуры смещается в сторону более коротких длин волн. Поэтому закон Вина называют законом смещения.

Закон Вина применяется в *оптической пирометрии* - метода определения температуры по спектру излучения сильно нагретых тел, которые отдалены от наблюдателя. Именно этим методом впервые была определена температура Солнца (для 470 нм $T=6160\text{K}$).



Представленные законы не позволяли теоретически найти уравнения распределения спектральной плотности энергетической светимости по длинам волн. Труды Релея и Джинса, в которых ученые исследовали спектральный состав излучения АЧТ на основе законов классической физики, привели к принципиальным трудностям, названных ультрафиолетовой катастрофой. В диапазоне УФ-волн энергетическая светимость АЧТ должна была достигать бесконечности, хотя в опытах она уменьшалась к нулю. Эти результаты противоречили закону сохранения энергии.



4. Теория Планка. Немецкий ученый в 1900 году выдвинул гипотезу о том, что тела излучают не непрерывно, а отдельными порциями - квантами. Энергия кванта пропорциональна частоте излучения: $E = h\nu = hc/\lambda$, где $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с постоянная Планка.

Руководствуясь представлениями о квантовом излучении АЧТ, он получил уравнение для спектральной плотности энергетической светимости АЧТ:

$$R_{\lambda T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \nu}{c^2} \cdot \frac{h \cdot \nu}{e^{h\nu/kT} - 1} \quad \text{ИЛИ} \quad R_{\lambda T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot h \cdot c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{hc/k\lambda T} - 1}$$

Эта формула находится в соответствии с опытными данными во всем интервале длин волн при всех температурах.

Солнце - основной источник теплового излучения в природе. Солнечное излучение занимает широкий диапазон длин волн: от 0,1 нм до 10 м и более. 99% солнечной энергии приходится на диапазон от 280 до 6000 нм. На единицу площади земной поверхности приходится в горах от 800 до 1000 Вт/м². До земной поверхности доходит одна двумиллиардная часть тепла - 9,23 Дж/см². На диапазон теплового излучения от 6000 до 500000 нм приходится 0,4% энергии Солнца. В атмосфере Земли большая часть ИК-излучения поглощается молекулами воды, кислорода, азота, диоксида углерода. Радиодиапазон тоже большей частью поглощается атмосферой.

Количество энергии, которую приносят солнечные лучи за 1 с на площадь в 1 кв.м, расположенную за пределами земной атмосферы на высоте 82 км перпендикулярную солнечным лучам называется солнечной постоянной. Она равна $1,4 \cdot 10^3$ Вт/м².

Спектральное распределение нормальной плотности потока солнечного излучения совпадает с таким для АЧТ при температуре 6000 градусов. Поэтому Солнце относительно теплового излучения - АЧТ.

3. Излучение реальных тел и тела человека

Тепловое излучение с поверхности тела человека играет большую роль в теплоотдаче. Существуют такие способы теплоотдачи: теплопроводность (кондукция), конвекция, излучение, испарение. В зависимости от условий, в которых окажется человек, каждый из этих способов может иметь доминирующее значение (так, например, при очень высоких температурах среды ведущая роль принадлежит испарению, а в холодной воде - кондукции, причем температура воды 15 градусов является смертельной средой для обнаженного человека, и через 2-4 часа наступает обморок и смерть вследствие переохлаждения мозга). Доля излучения в общей теплоотдаче может составлять от 75 до 25%. В нормальных условиях около 50% при физиологическом покое.

Тепловое излучение, которое играет роль в жизни живых организмов делится на коротковолновую (от 0,3 до 3 мкм) и длинноволновую (от 5 до 100 мкм). Источником коротковолнового излучения служат Солнце и открытое пламя, а живые организмы являются исключительно реципиентами такого излучения. Длинноволновая радиация и излучается, и поглощается живыми организмами.

Величина коэффициента поглощения зависит от соотношения температур среды и тела, площади их взаимодействия, ориентации этих площадей, а для коротковолнового излучения - от цвета поверхности. Так у негров происходит отражение

лишь 18% коротковолнового излучения, тогда как у людей белой расы около 40% (скорее всего, цвет кожи негров в эволюции не имел отношение к теплообмену). Для длинноволнового излучения коэффициент поглощения приближен к 1.

Расчет теплообмена излучением - очень трудная задача. Для реальных тел использовать закон Стефана-Больцмана нельзя, поскольку у них более сложная зависимость энергетической светимости от температуры. Оказывается, она зависит от температуры, природы тела, формы тела и состояния его поверхности. Со сменой температуры изменяется коэффициент σ и показатель степени температуры. Поверхность тела человека имеет сложную конфигурацию, человек носит одежду, которая изменяет излучение, на процесс влияет поза, в которой находится человек.

Для серого тела мощность излучения во всем диапазоне определяется по формуле: $P = \alpha_{с.т.} \sigma \cdot T^4 \cdot S$ Считая с определенными приближениями реальные тела (кожа человека, ткани одежды) близкими к серым телам, можно найти формулу для вычисления мощности излучения реальными телами при определенной температуре: $P = \alpha \cdot \sigma \cdot T^4 \cdot S$ В условиях разных температур излучающего тела и окружающей среды: $P = \alpha \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \cdot S$

Существуют особенности спектральной плотности энергетической светимости реальных тел: при 310K, что соответствует средней температуре тела человека, максимум теплового излучения приходится на 9700nm. Любое изменение температуры тела приводит к изменению мощности теплового излучения с поверхности тела (0,1 градус достаточно). Поэтому исследование участков кожи, через ЦНС связанных с определенными органами, способствует выявлению заболеваний, в результате которых температура изменяется довольно значительно (*термография зон Захарьина-Гедда*).

Интересен метод бесконтактного массажа биополем человека (Джуна Давиташвили). Мощность теплового излучения ладони 0,1Вт, а тепловая чувствительность кожи 0,0001 Вт/см². Если действовать на вышеупомянутые зоны, можно рефлекторно стимулировать работу этих органов.

4. Биологическое и терапевтическое действие тепла и холода

Тело человека постоянно излучает и поглощает тепловое излучение. Этот процесс зависит от температур тела человека и окружающей среды. Максимум ИК-излучения тела человека приходится на 9300nm.

При маленьких и средних дозах облучения ИК-лучами усиливаются метаболические процессы и ускоряются ферментативные реакции, процессы регенерации и репарации.

В результате действия ИК-лучей и видимого излучения в тканях образуются БАВ (брадикинин, калидин, гистамин, ацетилхолин, в основном вазомоторные вещества, которые играют роль в осуществлении и регуляции местного кровотока).

В результате действия ИК-лучей в коже активируются терморецепторы, информация от которых поступает в гипоталамус, в результате чего расширяются сосуды кожи, увеличивается объем циркулирующей в них крови, усиливается потовыделение.

Глубина проникновения ИК-лучей зависит от длины волны, влажности кожи, наполнения ее кровью степени пигментации и т.д.

На коже человека под действием ИК-лучей возникает красная эритема.

Применяется в клинической практике для влияния на местную и общую гемодинамику, усиления потовыделения, расслабления мышц, снижения болевого ощущения, ускорения рассасывания гематом, инфильтратов и т.д.

В условиях гипертермии усиливается противоопухолевое действие лучевой терапии - терморрадиотерапия.

Основные показания применения ИК-терапии: острые негнойные воспалительные процессы, ожоги и обморожения, хронические воспалительные процессы, язвы, контрактуры, спайки, травмы суставов, связок и мышц, миозиты, миалгии, невралгии. Основные противопоказания: опухоли, гнойные воспаления, кровотечения, недостаточность кровообращения.

Холод применяется для остановки кровотечений, обезболивания, лечения некоторых заболеваний кожи. Закаливание ведет к долголетию.

Под действием холода снижается частота сердечных сокращений, артериальное давление, угнетаются рефлекторные реакции.

В определенных дозах холод стимулирует заживление ожогов, гнойных ран, трофических язв, эрозий, конъюнктивитов.

Криобиология - изучает процессы, которые происходят в клетках, тканях, органах и организме под действием низких, нефизиологических температур.

В медицине используются *криотерапия* и *гипертермия*. Криотерапия включает методы, основанные на дозированном охлаждении тканей, органов. Криохирургия (часть криотерапии) использует локальное замораживание тканей с целью их удаления (часть миндалин). Если вся – криотонзилэктомия. Можно удалять опухоли, например, кожи, шейки матки и т.д.) Криозэкстракция, основанная на криоадгезии (прилипанию влажных тел к замороженному скальпелю) – выделение из органа части.

При гипертермии можно некоторое время сохранить функции органов *ин vivo*. Гипотермию с помощью наркоза используют для сохранения функции органов при отсутствии кровоснабжения, поскольку замедляется обмен веществ в тканях. Ткани становятся стойкими к гипоксии. Применяют холодовой наркоз.

Осуществляют действие тепла с помощью ламп накаливания (лампа Минина, солюкс, ванна светотепловая, лампа ИК-лучей) с использованием физических сред, имеющих высокую теплоемкость, плохую теплопроводность и хорошую теплосохраняющую способность: грязи, парафин, озокерит, нафталин и т.д.

5. Физические основы термографии. Тепловизоры

Термография, или тепловидение - это метод функциональной диагностики, основанный на регистрации ИК-излучения тела человека.

Существует 2 разновидности термографии:

- *контактная холестерическая термография*: в методе используются оптические свойства холестерических жидких кристаллов (многокомпонентные смеси сложных эфиров и других производных холестерина). Такие вещества избирательно отражают разные длины волн, что дает возможным получать на пленках этих веществ изображения теплового поля

поверхности тела человека. На пленку направляют поток белого света. Разные длины волн по-разному отражаются от пленки в зависимости от температуры поверхности, на которую нанесен холестерик.

Под действием температуры холестерика могут изменять цвет от красного до фиолетового. В результате формируется цветное изображение теплового поля тела человека, которое легко расшифровать, зная зависимость температура-цвет. Существуют холестерики, позволяющие фиксировать разницу температур 0,1 градус. Так, можно определить границы воспалительного процесса, очаги воспалительной инфильтрации на разных стадиях ее развития.

В онкологии термография позволяет выявить метастатические узлы диаметром 1,5-2мм в молочной железе, коже, щитовидной железе; в ортопедии и травматологии оценить кровоснабжение каждого сегмента конечности, например, перед ампутацией, опередить глубину ожога и т.д.; в кардиологии и ангиологии выявить нарушения нормального функционирования ССС, нарушения кровообращения при вибрационной болезни, воспалении и закупорке сосудов; расширение вен и т.д.; в нейрохирургии определить расположение очагов повреждения проводимости нерва, подтвердить место нейропаралича, вызванного апоплексией; в акушерстве и гинекологии определить беременность, локализацию детского места; диагностировать широкий спектр воспалительных процессов.

- **Телетермография** – базируется на превращение ИК-излучения тела человека в электрические сигналы, которые регистрируются на экране тепловизора или другом записывающем устройстве. Метод бесконтактный.

ИК-излучение воспринимается системой зеркал, после чего ИК-лучи направляются на приемник ИК-волн, основную часть которого составляет детектор (фотосопротивление, металлический или полупроводниковый болометр, термоэлемент, фотохимический индикатор, электронно-оптический преобразователь, пьезоэлектрические детекторы и т.д.).

Электрические сигналы от приемника передаются на усилитель, а потом – на управляющее устройство, которое служит для перемещения зеркал (сканирование объекта), разогревания точечного источника света ТИС (пропорционально тепловому излучению), движения фотопленки. Каждый раз пленка засвечивается ТИС соответственно температуре тела в месте исследования.

После управляющего устройства сигнал может передаваться на компьютерную систему с дисплеем. Это позволяет запоминать термограммы, обрабатывать их с помощью аналитических программ. Дополнительные возможности предоставляет цветные тепловизоры (близкие по температуре цвета обозначить контрастными цветами), провести изотермы.

Многие компании в последнее время признают тот факт, что «достучаться» до потенциального клиента, порой, достаточно сложно, его информационное поле настолько загружено различного рода рекламными сообщениями, что таковые просто перестают восприниматься.

Активные продажи по телефону становятся одним из наиболее эффективных способов увеличения продаж в короткие сроки. Холодные звонки направлены на привлечение клиентов, которые ранее не обращались за товаром или услугой, но по ряду факторов являются потенциальными клиентами. Набрал телефонный номер, менеджер активных продаж должен четко осознавать цель холодного звонка. Ведь телефонные переговоры требуют от sales manager особого мастерства и терпения, а так же знание техники и методики ведения переговоров.

Комментарии отключены
Социальные комментарии **Cacklе**

© All-Физика, 2009-2016

При использовании материалов сайта ссылка на www.all-fizika.com обязательна.

