

Прочитайте вступление к учебной лекции.

Если читали ранее – можно пропустить этот блок информации.

Учебная лекция в ДО – это учебный материал для конспектирования

Инструкция для работы с учебным материалом (для конспектирования):

1. Первый раз прочитайте всю лекцию, ничего не записывая.
2. Ответьте мысленно на вопрос, что главное в лекции, из скольких основных частей лекция состоит (*на сколько частей ее можно мысленно разбить*), придумайте название для каждой части – это будет план конспекта.
3. Откройте тетрадь для лекций и запишите в тетради тему, дату лекции и план конспекта.
4. Второй раз начинайте читать лекцию и приступайте к конспектированию: в соответствии с планом – в каждой части плана пишите определения величин, формулы законов, формулировки законов, делайте рисунки к разбираемым примерам или другому. Чем больше будет ваших записей, поясняющих о чем идет речь, тем лучше вы поймете и запомните учебный материал.

Внимание! Важно обращать внимание на то, что вы описываете – явление, закон, величину или другое понятие (например, модель объекта).

Руководствуйтесь правилами:

А) если описываете явление – запишите особенности рассматриваемого явления (*в чем заключается явление, каковы условия его возникновения, какие законы и величины используются для исследования явления*)

В) если описываете величину – запишите определение величины (*укажите физическая скалярная или векторная величина, формулу/ы для определения величины, единицу величины, поясните, что характеризует и, если векторная величина, то она как направлена*),

С) если описываете понятие (не величину) – запишите одно предложение, которое раскрывает смысл понятия (*для примера см. система отсчета, материальная точка, система материальных точек и др.*),

Д) если описываете закон – название, формулу, формулировку, физический смысл запишите закона. **Помните, что при записи формулы надо расшифровать названия величин, входящих в данную формулу.**

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Тепловое излучение. Характеристики теплового излучения. Законы теплового излучения.

Тепловое излучение

Тепловое излучение – это излучение электромагнитных волн с поверхности вещества, возникающее за счет внутренней (тепловой) энергии данного вещества.

Тепловое излучение:

– это испускание электромагнитных волн телами за счет их внутренней энергии.

Тепловое излучение имеет место при любой температуре $T > 0 \text{ К}$, но при невысоких температурах излучаются практически длинные (инфракрасные) электромагнитные волны.



Рис.1. Примеры тел, испускающих электромагнитные волны

Тепловое излучение – это один из трех способов теплопередачи (передачи тепла). Еще два способа – это конвекция и теплопроводность (см.рис.2).

Все три вида теплопередачи



Рис.2. Три вида теплопередачи

Основные характеристики теплового излучения:

1. Энергетическая светимость (излучательная способность) – физическая величина, скалярная, численно равная

$$R = \frac{dN}{dS} \quad \left[\frac{Вт}{м^2} \right],$$

характеризует энергию, переносимую электромагнитными волнами с единицы площади поверхности вещества в единицу времени.

2. Спектральная плотность энергетической светимости – физическая величина, скалярная, численно равная

$$r_\nu = \frac{dR}{d\nu} \quad R = \int_0^\nu r_0 d\nu$$

показывает, какую энергию переносят электромагнитные волны в единицу времени с единицы площади поверхности.

3. Коэффициент поглощения (поглощательная способность) – физическая величина, скалярная, численно равная

$$a_{\nu,T} = \frac{dW_{\text{погл}}}{dW_{\text{пад}}}$$

показывает, какая доля энергии поглощается $W_{\text{погл}}$ в единицу времени единицей площади поверхности вещества по отношению ко всей падающей на вещество энергии $W_{\text{пад}}$ для волн определенного диапазона частот.

Коэффициент поглощения – величина безразмерная, изменяется в диапазоне от 0 до 1.

Абсолютно черное тело (АЧТ) – тело, которое поглощает всю падающую на него энергию. Приведите пример, как можно получить АЧТ (см. видео на платформе ДО).

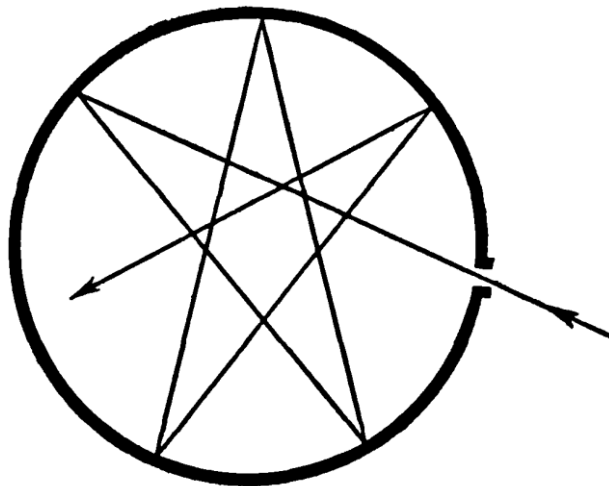


Рис.3. Модель абсолютно черного тела

Коэффициент поглощения (поглощательная способность) абсолютно черного тела равна 1.

Законы теплового излучения

1. Закон сохранения энергии. Тепловое излучение – единственное, которое способно находиться в термодинамическом равновесии с веществом

$$W_{\text{изл.}} = W_{\text{погл.}}$$

То есть энергия, излучаемая телом, равна энергии, поглощаемой телом, в каждую единицу времени.

2. Закон Стефана-Больцмана. Энергетическая светимость АЧТ пропорциональна температуре в 4-й степени

$$R = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{K}^4 \text{ м}^2)$$

3. Закон Кирхгофа. Отношение спектральной плотности энергетической светимости тела $r_{\nu,T}$ к его коэффициенту поглощения $a_{\nu,T}$ (поглощательной способности) не зависит от материала тела и равно спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела $r_{0\nu,T}$

$$r_{0\nu,T} = \frac{r_{\nu,T}}{a_{\nu,T}}$$

Физический смысл закона: чем больше электромагнитной энергии тело поглощает в рассматриваемом диапазоне частот, тем больше оно будет излучать в этом же диапазоне частот.

Пример: черное тело нагревается быстрее серого, но и, поменяв внешние условия, можно обнаружить, что черное тело быстрее и остывает.

4. Закон Вина для длины волны. Длина волны, а которую приходится максимум излучения АЧТ, обратно пропорциональна температуре

$$\lambda_{\max} = \frac{b_1}{T}, \text{ где } b_1 = \text{const}$$

При увеличении температуры максимум смещается в сторону более коротких длин волн.

5. Закон Вина для спектральной плотности энергетической светимости. Максимальная спектральная плотность энергетической светимости АЧТ прямо пропорциональна температуре в 5-й степени

$$r_{\nu,T} = b_2 T^5 \text{ где } b_2 = \text{const}$$

График излучения абсолютно черного тела показывает, что с поверхности излучаются электромагнитные волны всего диапазона частот или длин волн. Но одних волн излучается больше, других – меньше. Это можно увидеть на графике (см.рис.4).

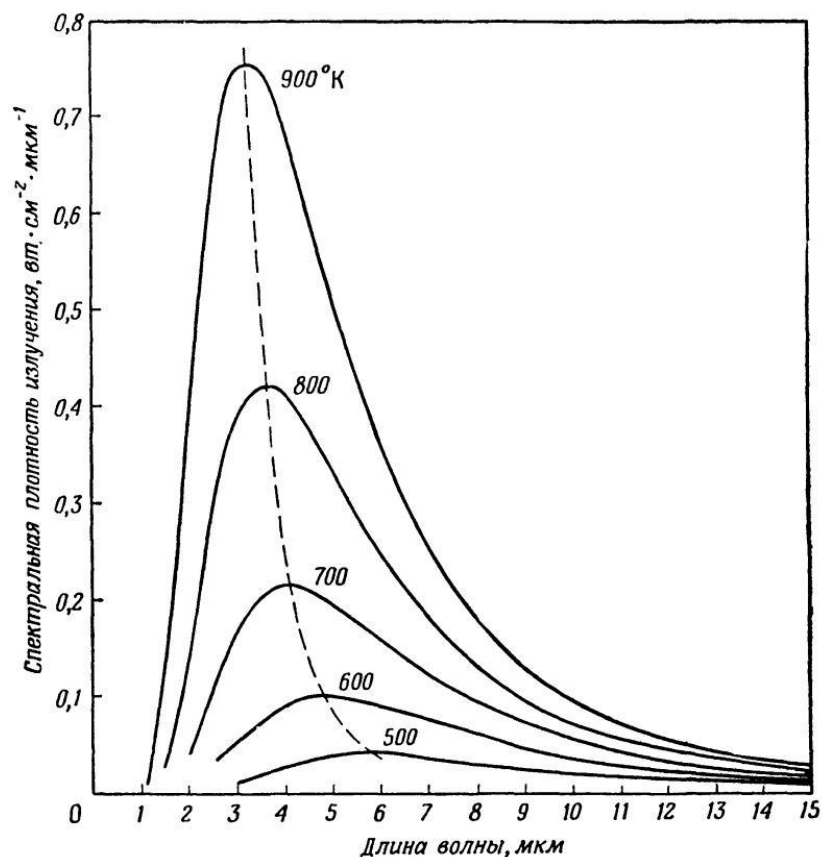


Рис.4. График излучения абсолютно черного тела

При увеличении температуры все точки графика «поднимаются» вверх, поскольку излучение электромагнитных волн все частот (длин волн) увеличивается и максимум излучения смещается в область более коротких волн.

Предпринимались попытки теоретически вывести зависимость спектральной плотности энергетической светимости от частоты, представленную на графике излучения абсолютно черного тела. Например, была получена формула Рэля-Джинса

$$r_0(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT \quad k - \text{постоянная Больцмана.}$$

Эта формула оказалась ошибочной.

Правильное выражение для спектральной плотности энергетической светимости удалось найти Максиму Планку. Для этого ему пришлось отказаться от предположения, что атомы тела отдают энергию в виде электромагнитных волн непрерывно. Планк ввел квантовую гипотезу, согласно которой атомы испускают электромагнитные волны порциями (квантами) пропорционально одному кванту энергии:

$$E = h \cdot \nu$$

h – постоянная Планка, $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

Только после этого была получена формула, которая полностью и однозначно определяла спектральную плотность энергетической светимости АЧТ для любого диапазона частот и для любой температуры тела (см. график излучения абсолютно черного тела):

$$r_0(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Применение ИК излучения

Тепловизор — устройство для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности. Распределение температуры отображается на дисплее как цветное поле, где определённой температуре соответствует определённый цвет.

Термограмма — изображения в инфракрасных лучах, показывающего картину распределения температурных полей.



Рис.5. Примеры применения излучения электромагнитных волн