



ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

***Выполнил:
старший преподаватель
кафедры математики
Ромашкина Е.П.***

Актуальность темы.

Тело человека, как и другие тела, является источником теплового излучения. Зная законы теплового излучения, можно регистрировать энергетическую светимость в различных точках поверхности тела и использовать эту информацию в диагностических целях.

ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

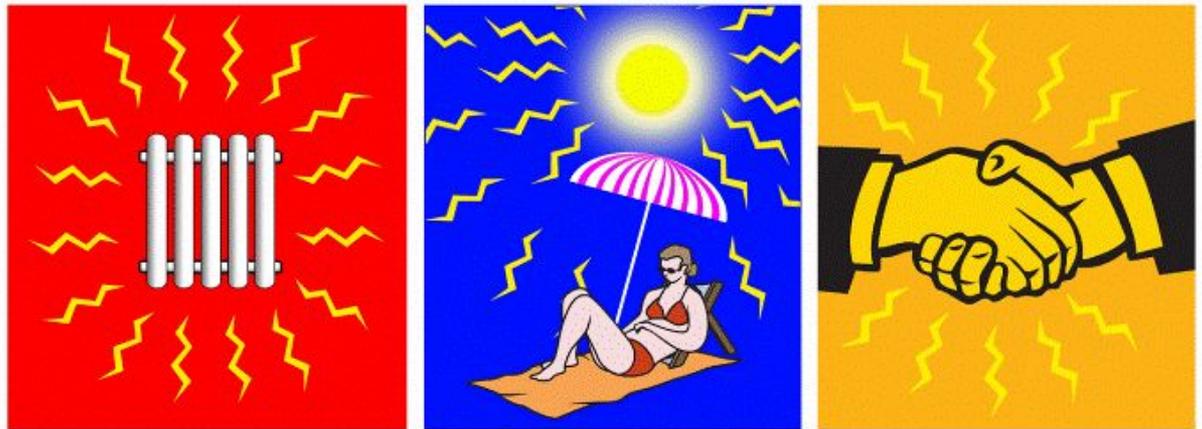
План

1. Основные характеристики теплового излучения. Абсолютно черное тело.
2. Закон Кирхгофа.
3. Спектр излучения черного тела.
4. Законы Стефана-Больцмана и Вина.
5. Закон излучения Планка.
6. Метод термографии.

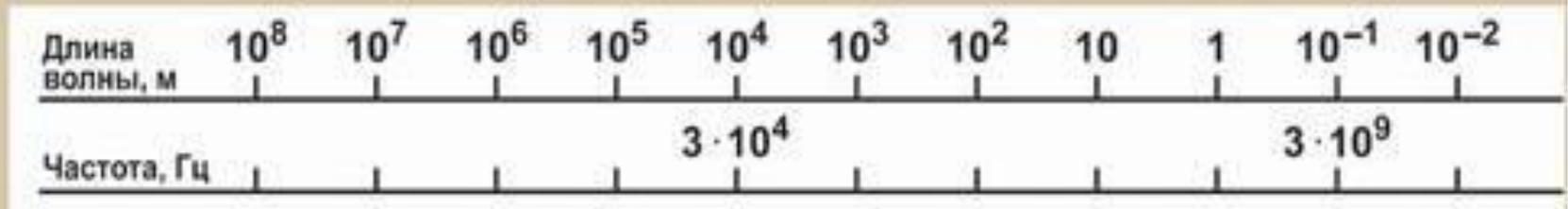
Тепловое излучение — это электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии тела (т.е. за счет энергии теплового движения атомов и молекул вещества) .

Тепловое излучение свойственно всем телам с температурой выше 0 К.

Тепловое излучение включает в себя инфракрасную, видимую и ультрафиолетовую области спектра.

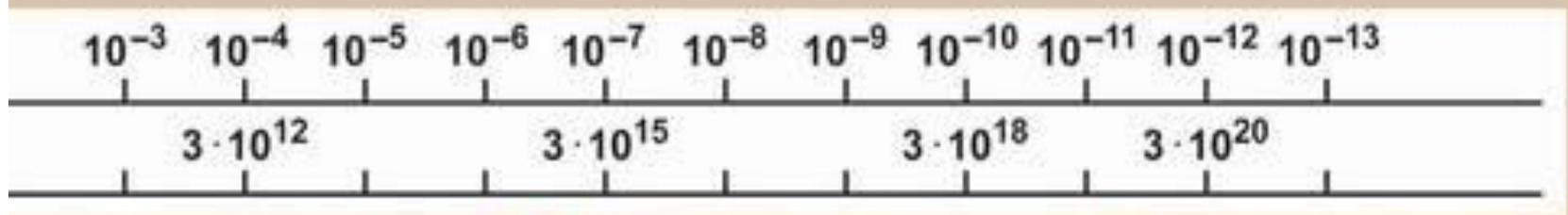


ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН



Низкочастотные электромагнитные волны

Радиоволны



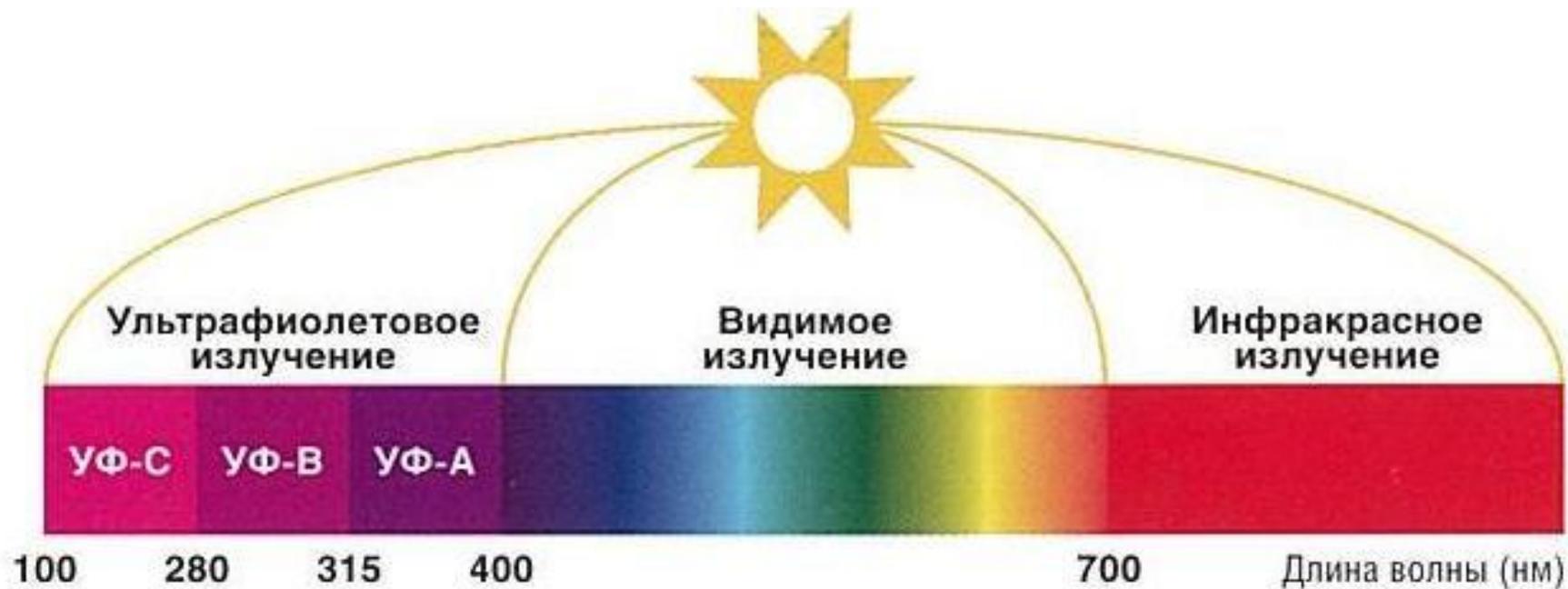
Инфракрасное излучение

Видимое излучение

Ультрафиолетовое излучение

Рентгеновское излучение

Гамма-излучение



Спектр солнечного излучения

Лучеиспускающая способность или энергетическая светимость - это энергия, испускаемая с единицы площади поверхности тела в единицу времени.

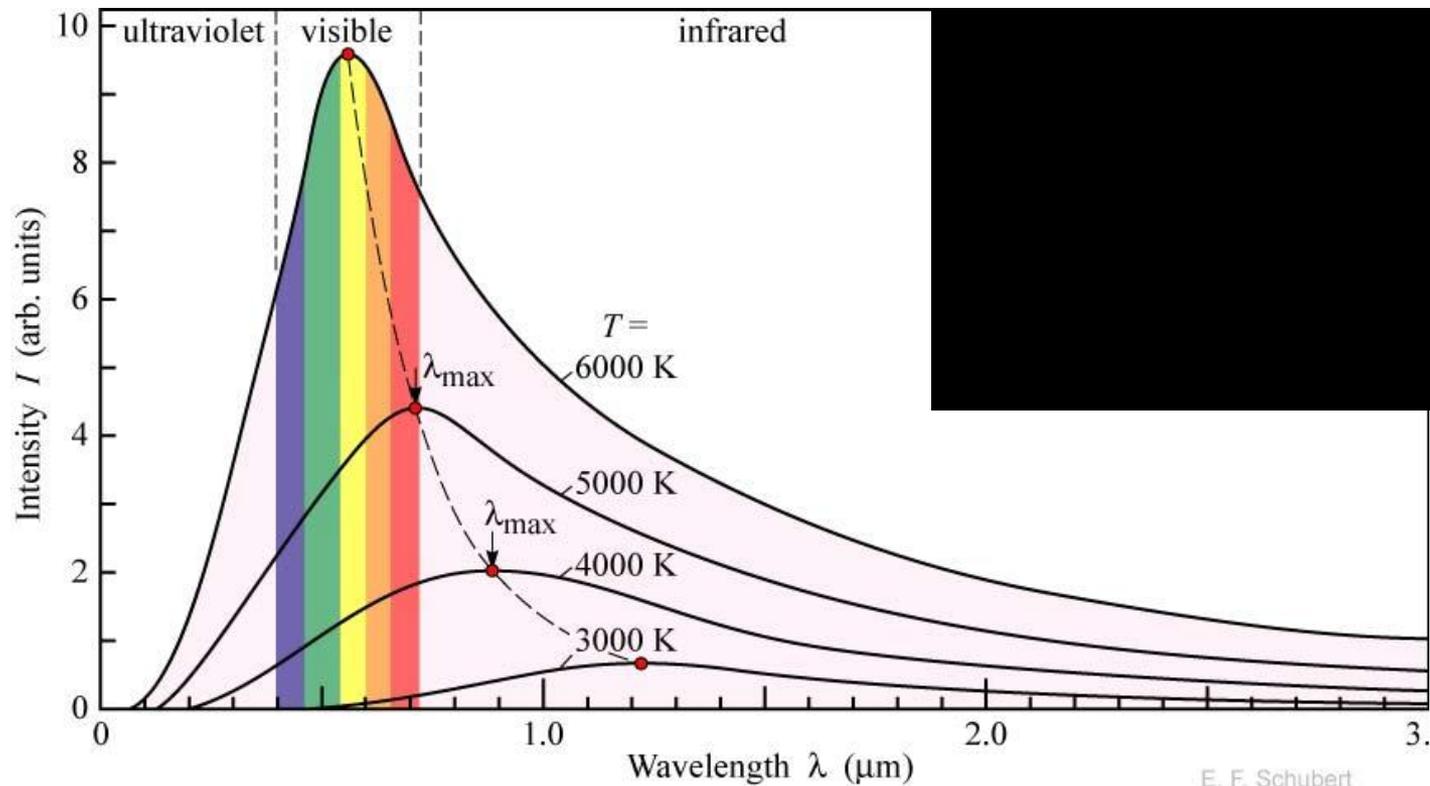
$$[R]=[Дж/м^2с]=[Вт/м^2]$$

Для интервала длин волн от λ до $\lambda + d\lambda$ энергетическая светимость

$$R_\lambda = \int r d\lambda ,$$

где r - спектральная плотность энергетической светимости тела, Вт/м³ .

Спектр излучения тела – это зависимость спектральной плотности энергетической светимости от длины волны.

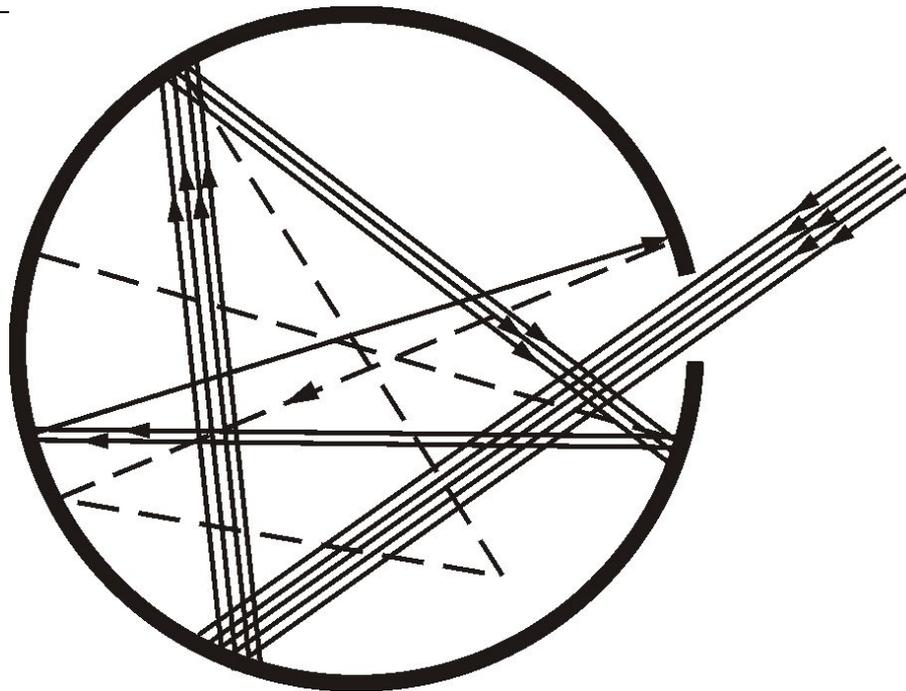


Коэффициент поглощения α - это отношение потока излучения, поглощенного данным телом, к потоку излучения, упавшему на него:

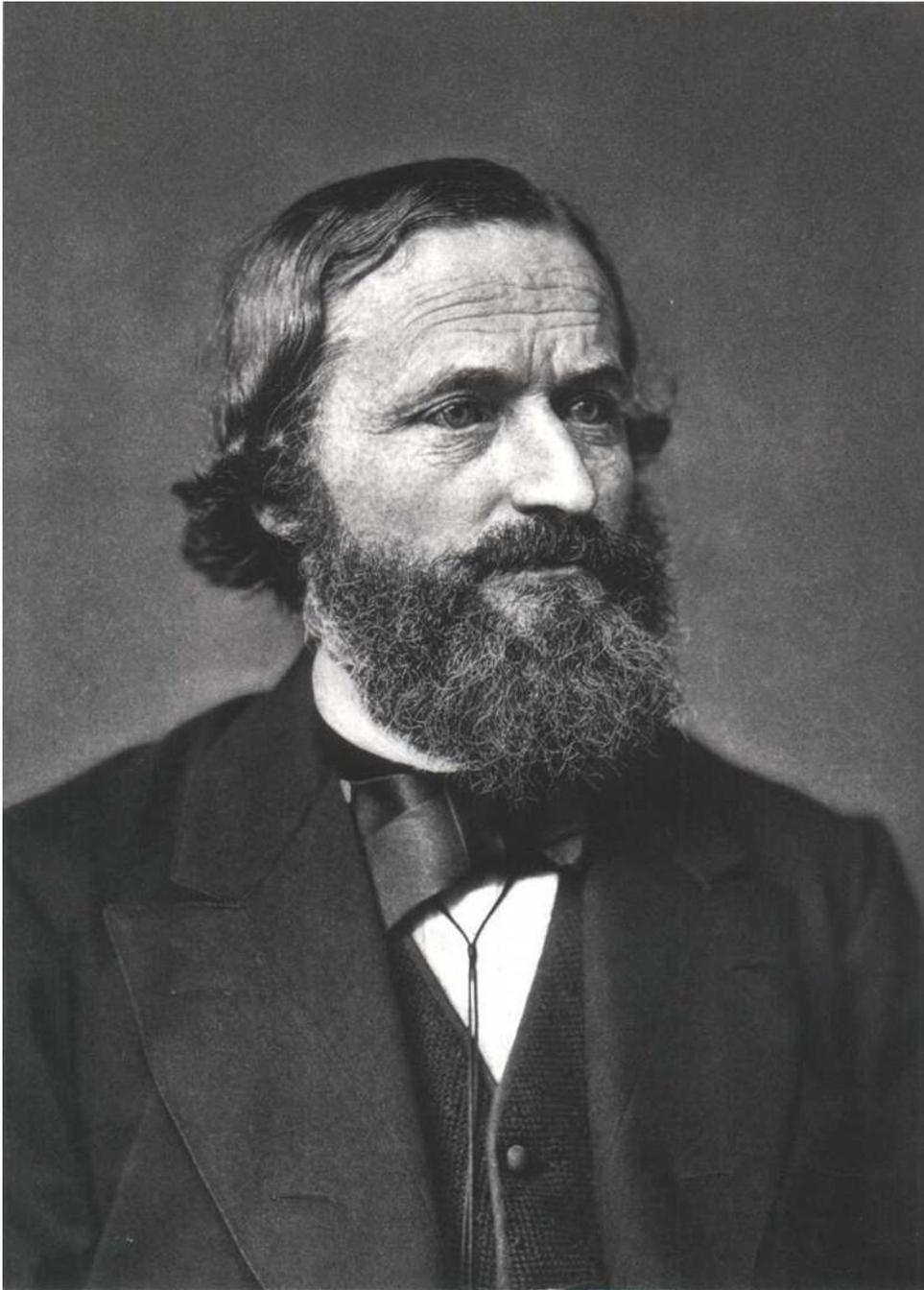
Монохроматический коэффициент поглощения:

$$\alpha_{\lambda} = \frac{\Phi_{\text{погл.}}(\lambda)}{\Phi_{\text{пад.}}(\lambda)}$$

Абсолютно черное тело – это тело, которое поглощает всё падающее на него излучение.



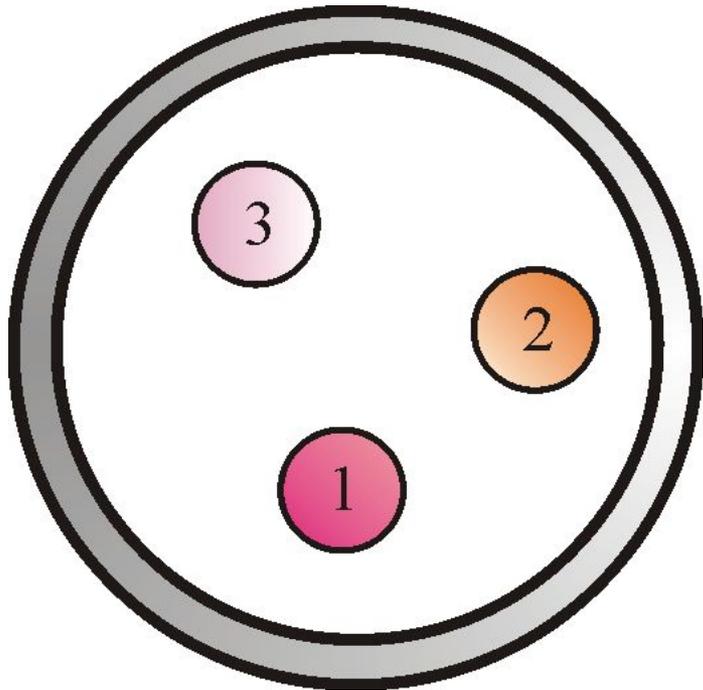
Коэффициент поглощения черного тела $\alpha = 1$



**Густав Роберт
Кирхгоф
(1824 – 1887)**

Закон излучения Кирхгофа

Отношение спектральной плотности энергетической светимости тела к его коэффициенту поглощения (для данной длины волны и температуры) не зависит от природы тела и равно спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела при той же температуре и длине волны:



Следствия из закона Кирхгофа:

1. Спектральная плотность энергетической светимости абсолютно черного тела является универсальной функцией длины волны и температуры тела.

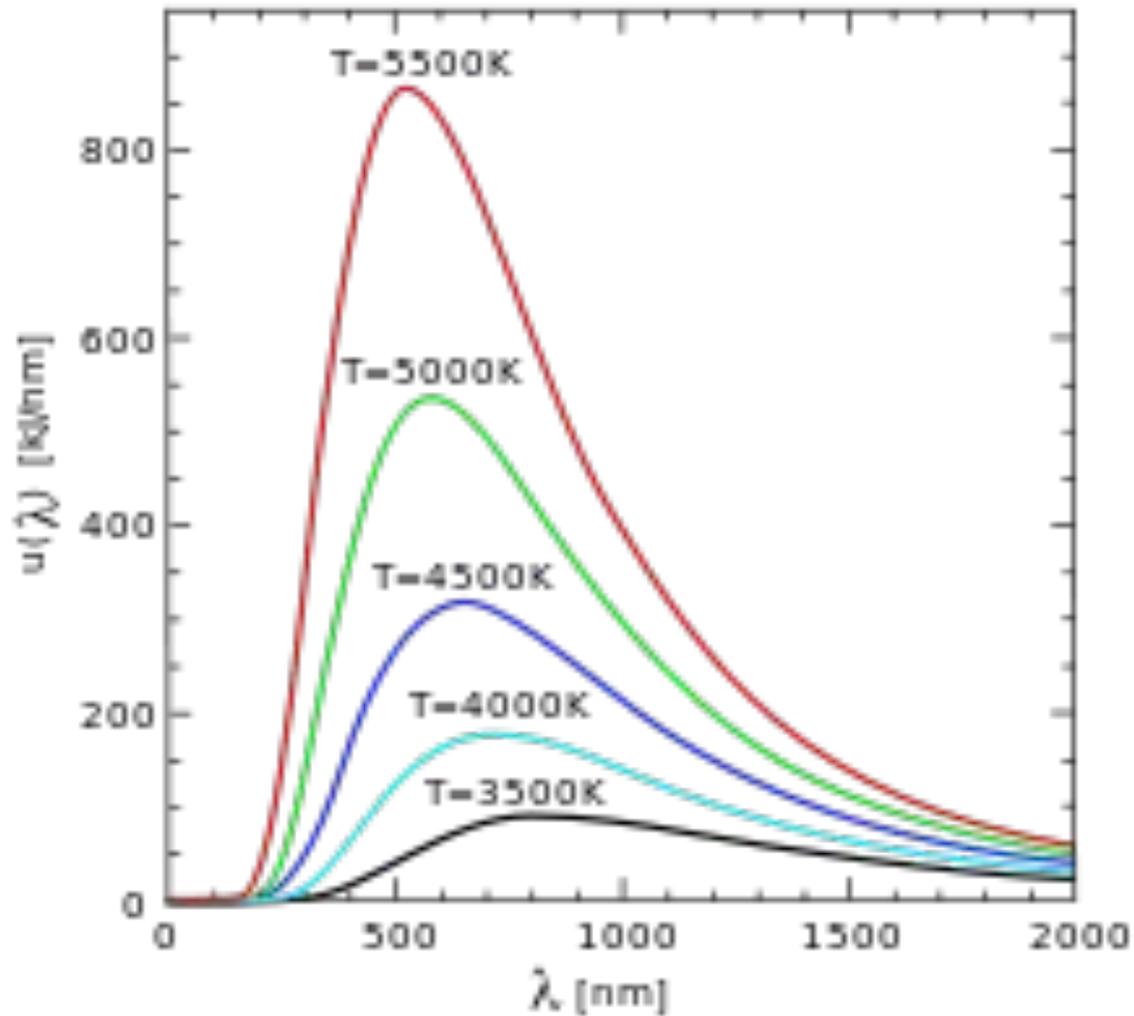
2. Из всех тел наибольшую спектральную плотность энергетической светимости имеет абсолютно черное тело.

Следствия из закона Кирхгофа:

3. Спектральная плотность энергетической светимости произвольного тела равна произведению его коэффициента поглощения на спектральную плотность энергетической светимости абсолютно черного тела:

4. Любое тело при данной температуре поглощает волны той же длины волны, которые оно излучает при данной температуре.

Спектр излучения абсолютно черного тела



Закон Стефана-Больцмана (1879г.):
энергетическая светимость черного тела
пропорциональна четвертой степени его
термодинамической температуры

,

$\sigma \approx 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$ постоянная Стефана-Больцмана



Закон смещения Вина (1893 г.):

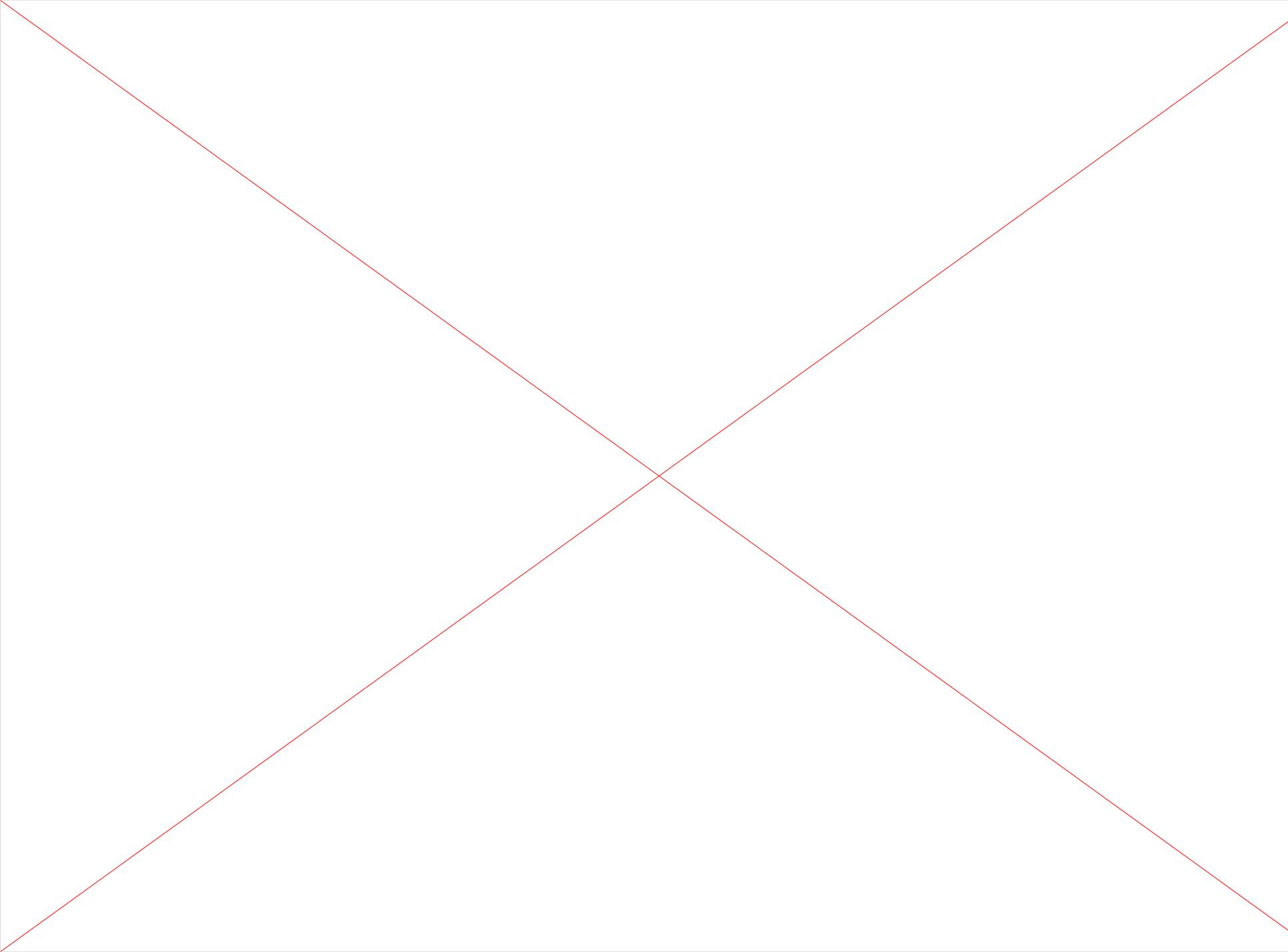
длина волны λ_{\max} , соответствующая максимуму спектра, связана с абсолютной температурой соотношением

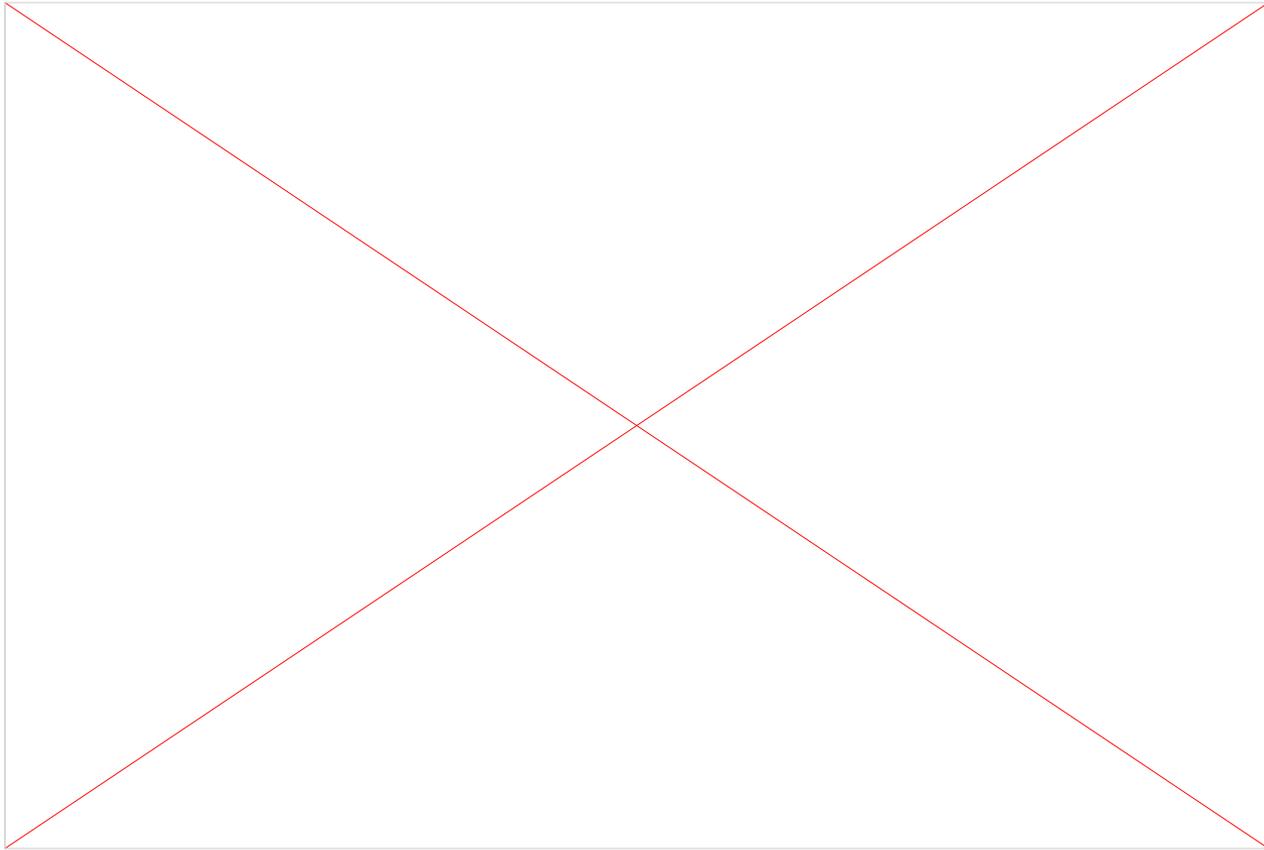
,

постоянная Вина

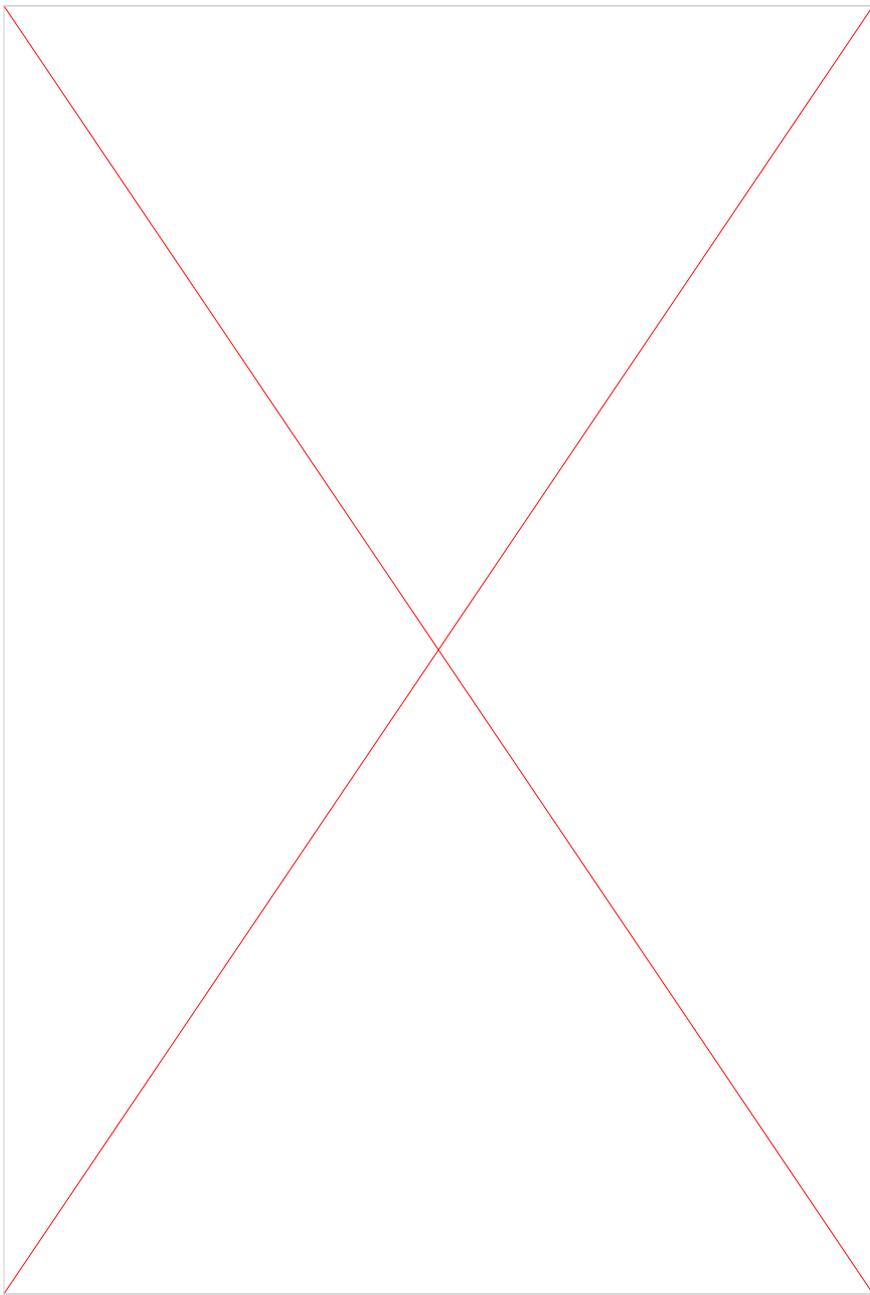
Пирометрия (от греч. *пυρ* - огонь и *metreo* - измеряю)
— совокупность оптических (бесконтактных)
методов измерения температуры.
Основана на регистрации интенсивности теплового
излучения тел.







«Ультрафиолетовая катастрофа»



**Макс Карл Эрнст
Людвиг Планк
(1858 – 1947)**

Гипотеза Планка предполагала, что энергия молекулярных колебаний может быть только числом, кратным $h\nu$:

,

- скорость света в вакууме

- постоянная Планка
(элементарный квант действия)

ЗАКОН ИЗЛУЧЕНИЯ ПЛАНКА

- постоянная Больцмана

• **Термография** (тепловидение) в медицине — метод регистрации инфракрасного излучения тела человека с диагностической целью.

Позволяет зафиксировать отклонение температуры тела до 0,08 градуса.

- **Контактная термография** проводится с помощью пасты или пленки, содержащей жидкие кристаллы.
- **Бесконтактная термография** основана на преобразовании инфракрасного излучения тела человека в электрический сигнал, который визуализируется на экране.

Основная часть собственного излучения тела человека относится к инфракрасному диапазону с длиной волны λ от 3 до 50 мкм.

✓ $T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$: $R_1 \approx 460 \text{ Вт/м}^2$ $\lambda_1 = 9,6 \text{ мкм}$

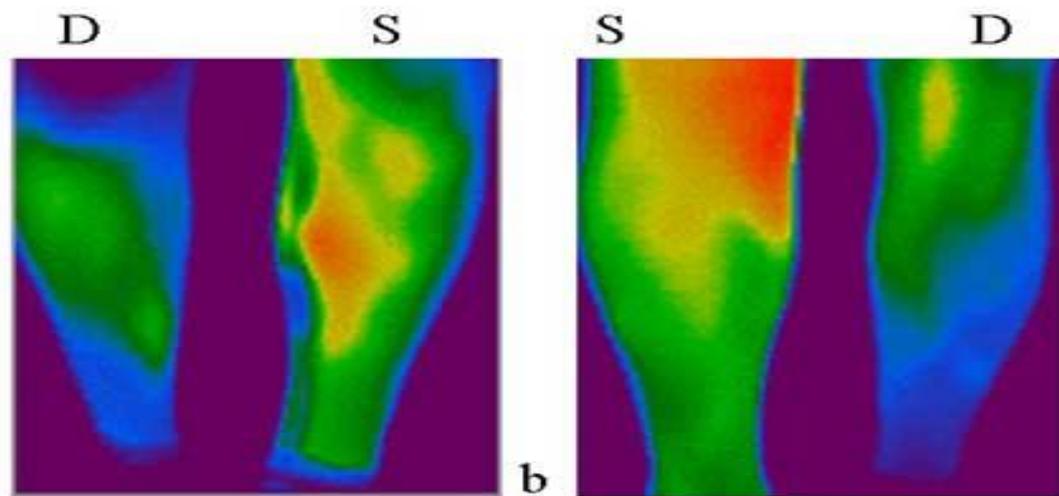
✓ $T_2 = 37^\circ\text{C} = 310 \text{ K}$: $R_2 \approx 520 \text{ Вт/м}^2$ $\lambda_1 = 9,3 \text{ мкм}$

Контактная термография



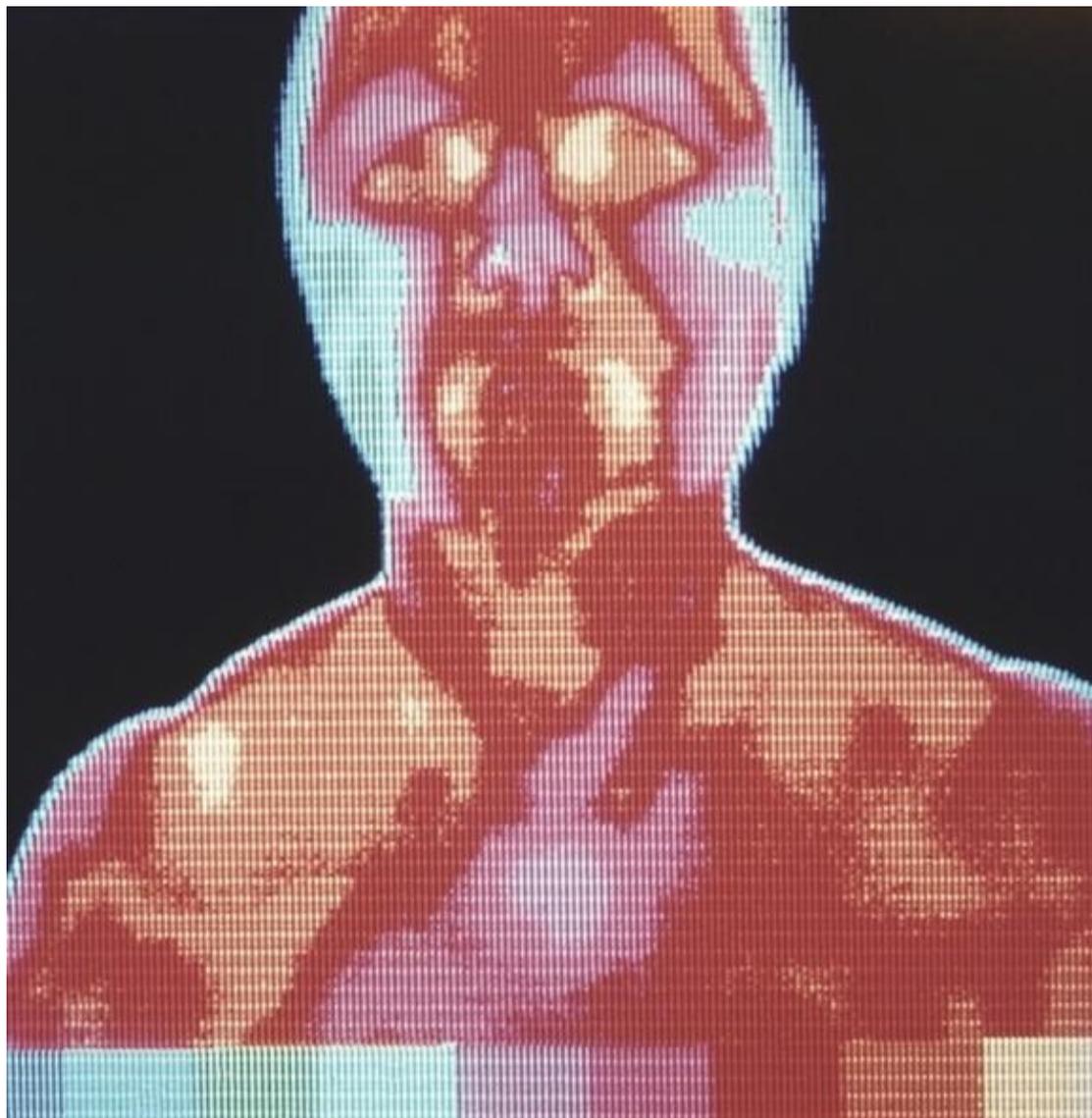
Портативные компьютерные термографы





Облитерирующий атеросклероз. (а) Ангиография. Облитерация нижней половины правой бедренной артерии. Берцовые артерии проходимы. (б) Выраженная гипотермия правой голени равномерно в обеих проекциях

Термограмма лица, шеи и передней поверхности груди в норме



Термограмма лица, шеи и передней поверхности груди
при раке щитовидной железы



Термограмма кистей и дистальных отделов предплечий в норме



Термограмма кистей и дистальных отделов предплечий при болезни Рейно



Задания для самоконтроля

1. Определить, во сколько раз отличаются энергетические светимости участков поверхности тела человека, имеющих температуры 34 и 33°C соответственно?
2. Для уничтожения жучков-вредителей зерно подвергают действию инфракрасного облучения. Почему жуки погибают, а зерно нет?
3. Испускательная способность некоторого тела максимальна на длине волны $1,8$ мкм. Какова температура тела?
4. В комнате стоят два одинаковых чайника, содержащие равные массы воды при 90°C . Один из них никелированный, а другой темный. Какой из чайников быстрее остынет? Почему?
5. Нагревая кусок стали, мы при температуре 800°C будем наблюдать яркое вишнево-красное каление, но прозрачный стерженек плавленого кварца при той же температуре совсем не светится. Почему?

Литература

- Ремизов, А.Н. [Медицинская и биологическая физика : учебник для студентов медицинских вузов \[8-е изд., стереотип.\] / А. Н. Ремизов, А. Г. Максина, А. Я. Потапенко – М. : Дрофа, 2008. – 558 с.](#)
- Антонов, В.Ф. [Физика и биофизика: учебник для вузов / В.Ф. Антонов, А. М. Черныш, Е.К. Козлова \[и др.\]; ред. В.Ф. Антонов – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с.](#)
- Федорова, В.Н. [Медицинская и биологическая физика: курс лекций с задачами; учебное пособие / В.Н. Федорова, Е.В. Фаустов – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 592 с.](#)

Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
Электронная библиотека НГМУ <http://ngmu.ru/library/list>

Спасибо

за внимание

