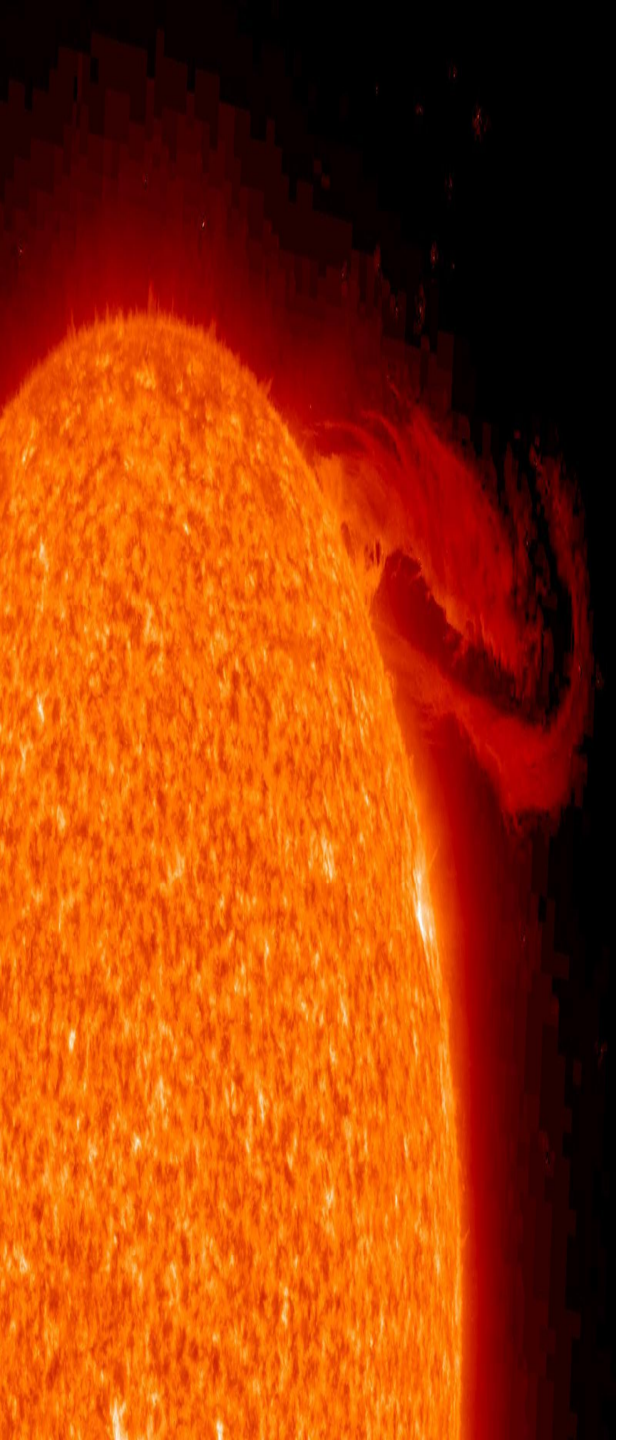


ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

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

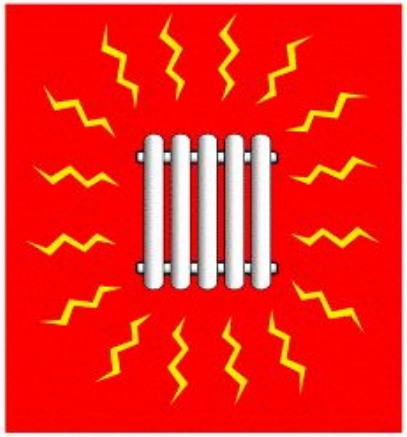
План

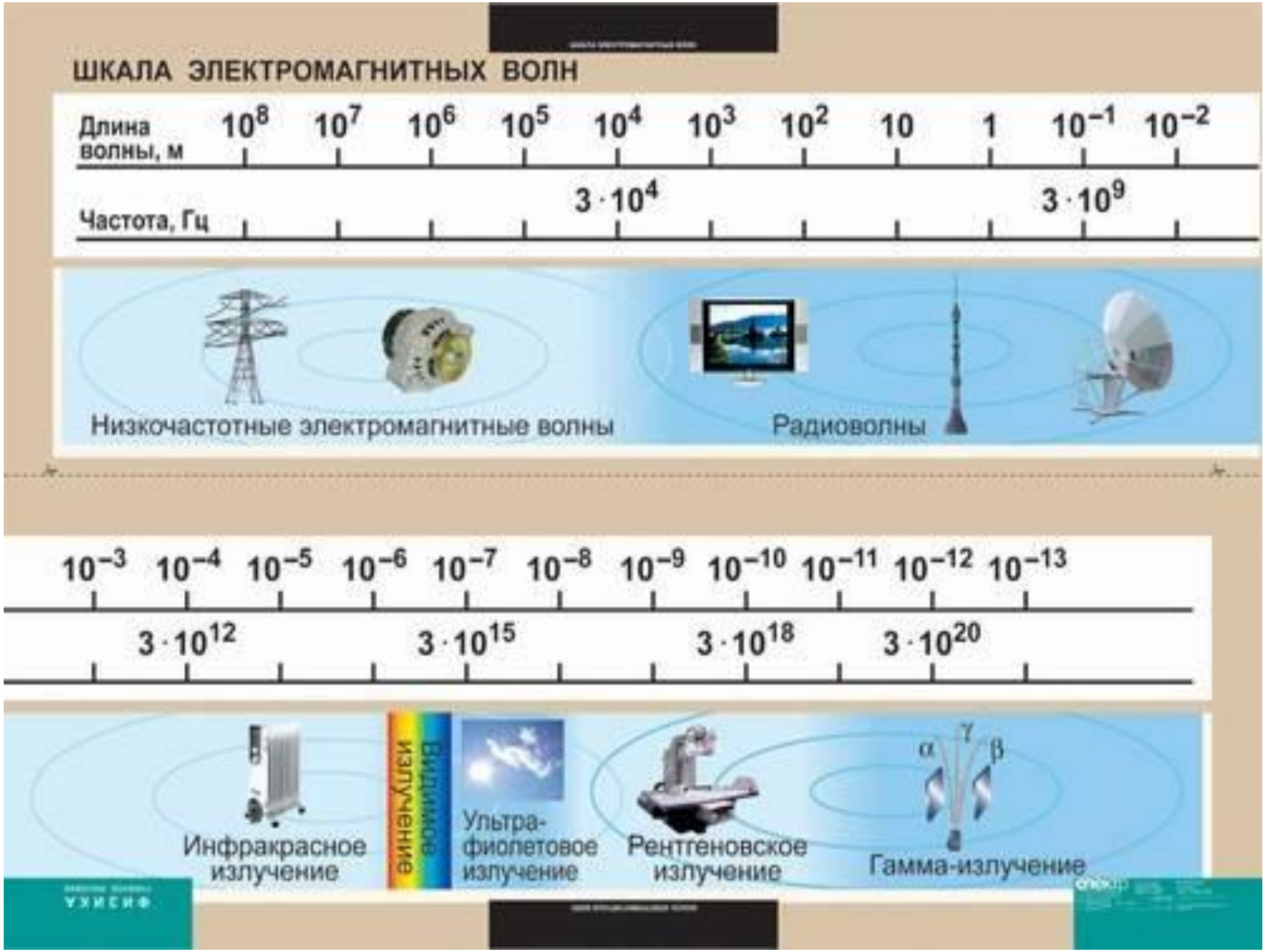
1. Основные характеристики теплового излучения. Абсолютно черное тело.
2. Закон Кирхгофа.
3. Спектр излучения черного тела.
4. Законы Стефана-Больцмана и Вина.
5. Закон излучения Планка.
6. Метод термографии.

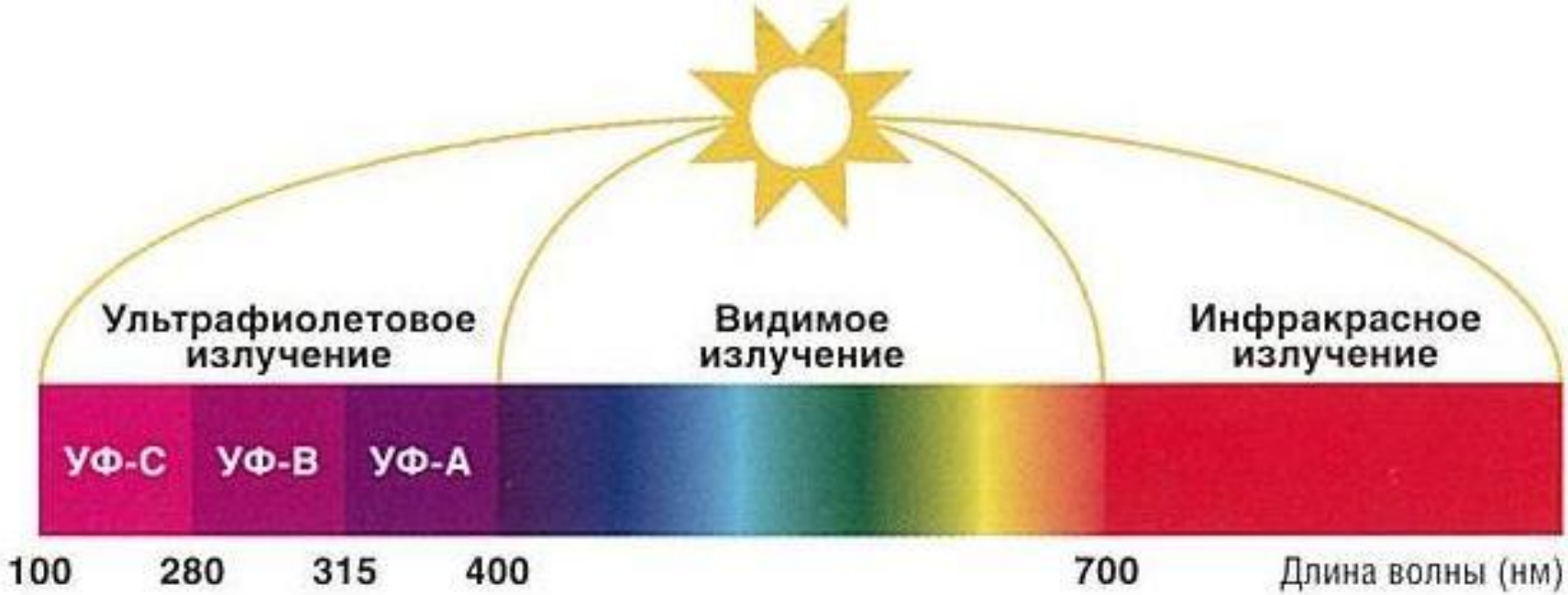
Тепловое излучение — это электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии тела (т.е. за счет энергии теплового движения атомов и молекул вещества) .

Тепловое излучение свойственно всем телам с температурой выше 0 К.

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




ШКАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН
Длина волны, м
10^8 10^7 10^6 10^5 10^4 10^3 10^2 10 1 10^{-1} 10^{-2}
Частота, Гц
$3 \cdot 10^4$
$3 \cdot 10^9$
Низкочастотные электромагнитные волны
Радиоволны
10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} 10^{-8} 10^{-9} 10^{-10} 10^{-11} 10^{-12} 10^{-13}
$3 \cdot 10^{12}$
$3 \cdot 10^{15}$
$3 \cdot 10^{18}$
$3 \cdot 10^{20}$
Инфракрасное излучение
Видимое излучение
Ультра-фиолетовое излучение
Рентгеновское излучение
α γ β
Гамма-излучение



Спектр солнечного излучения

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

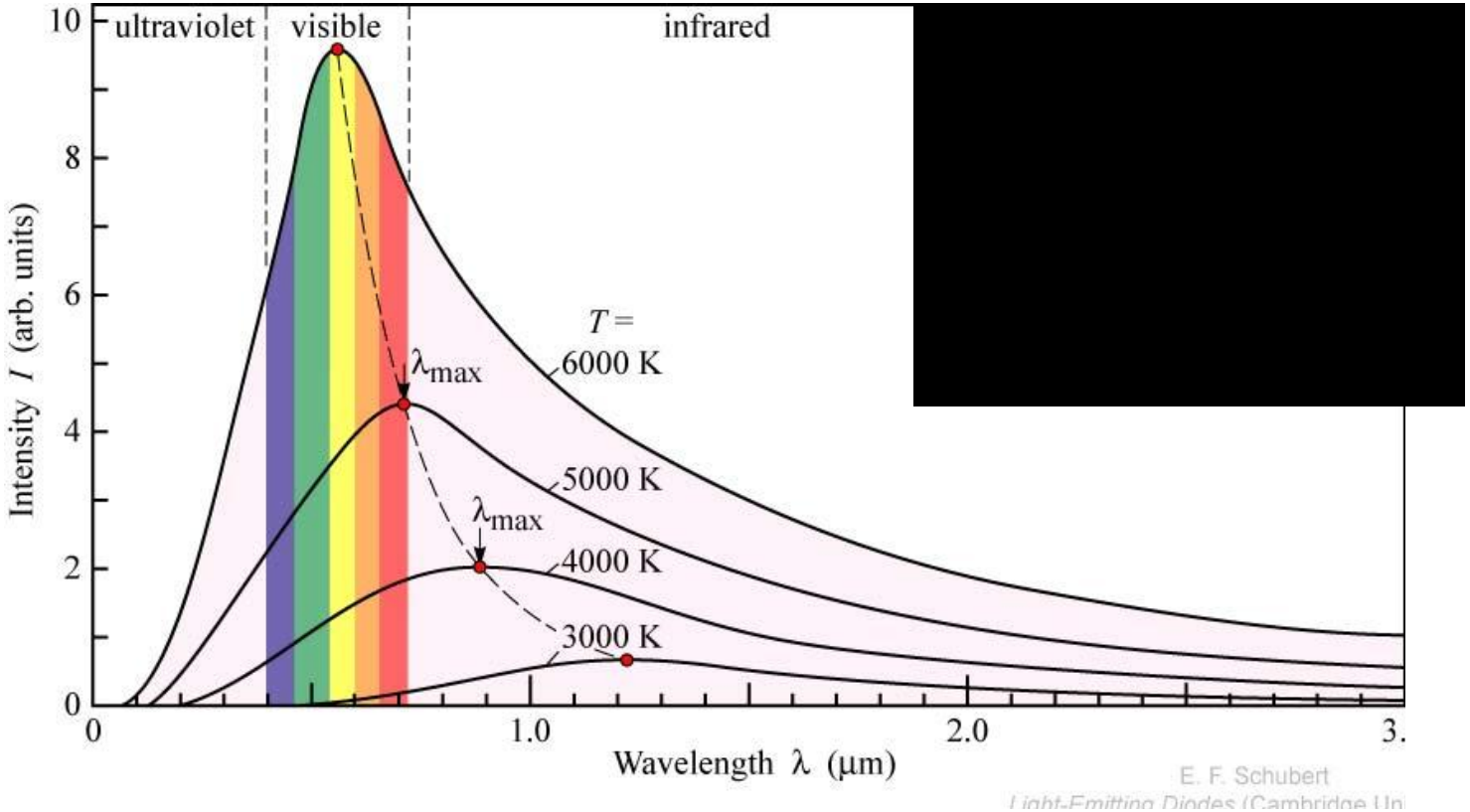
$$[R]=[Дж/м^2 с]=[Вт/м^2]$$

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/м^3 .

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

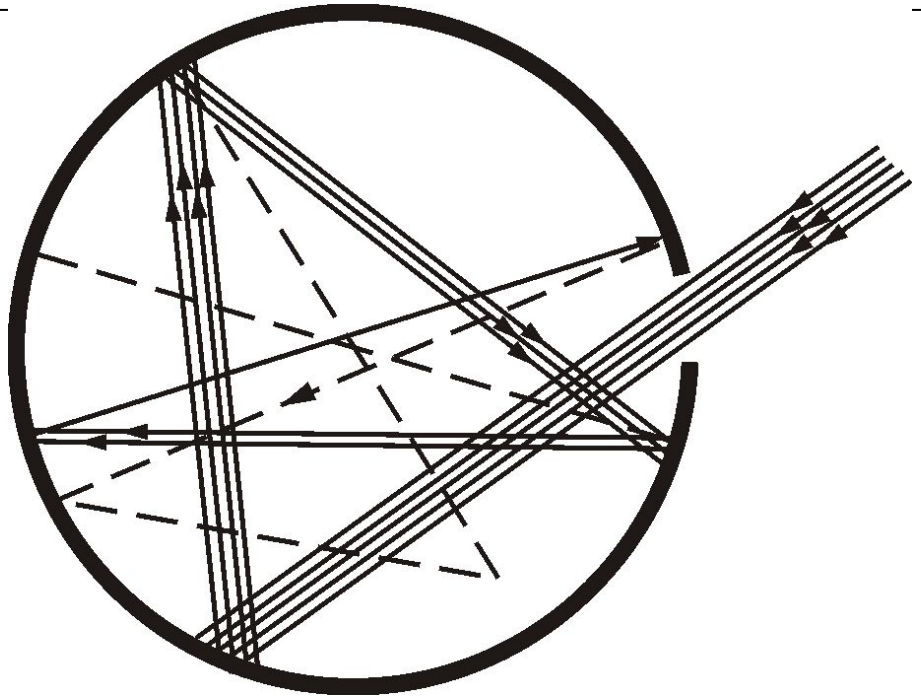


Коэффициент поглощения **α** - это отношение потока излучения, поглощенного данным телом, к потоку излучения, упавшему на него:

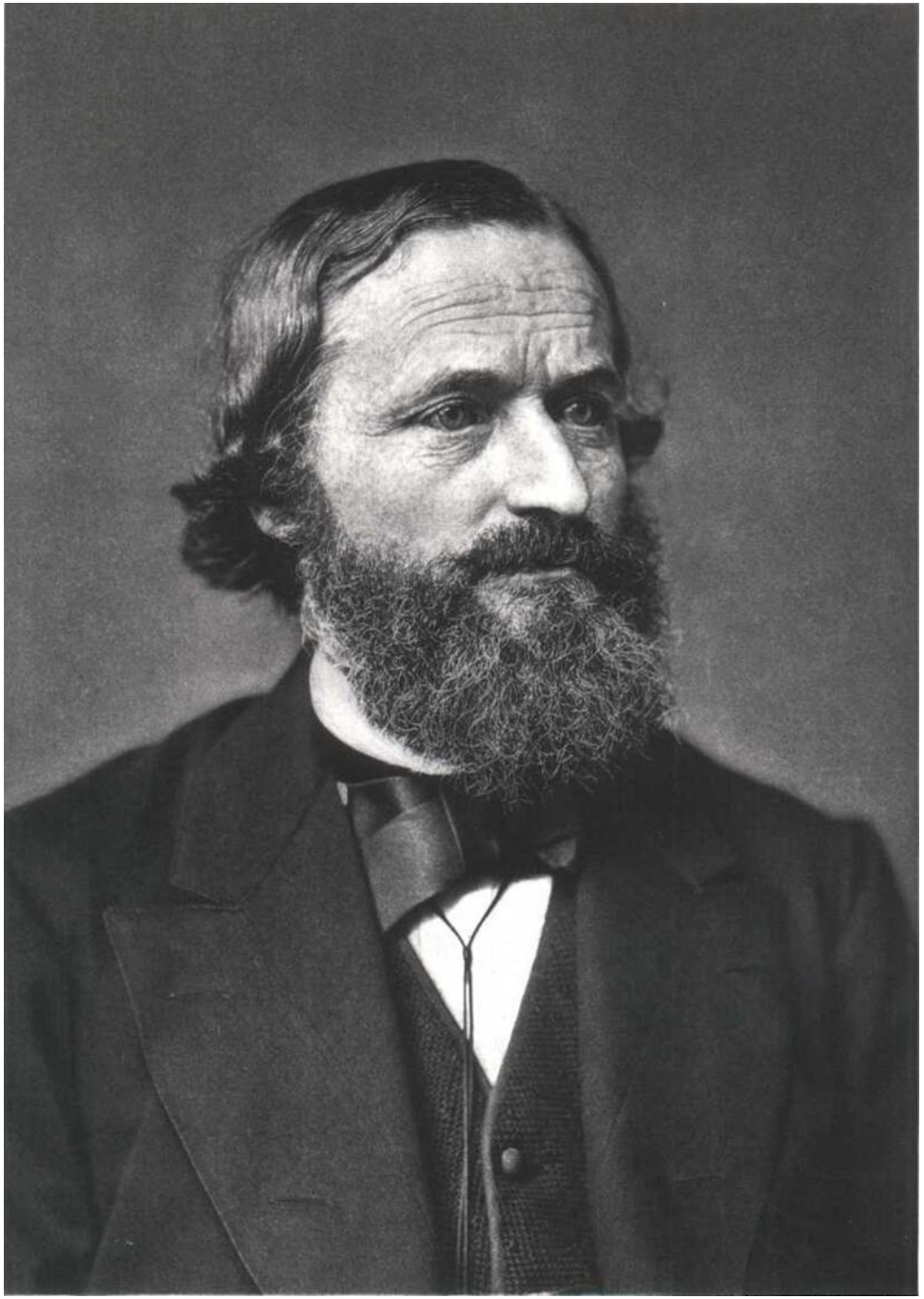
Монохроматический коэффициент поглощения:

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

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



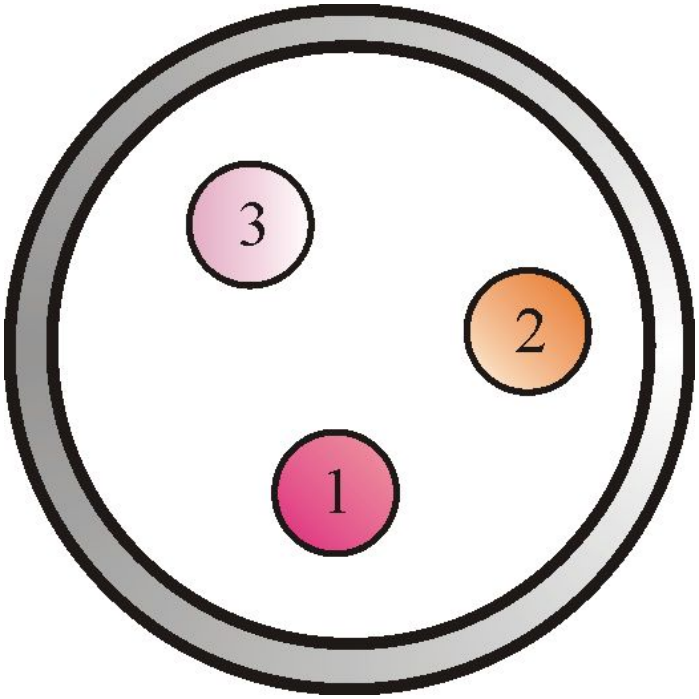
Коэффициент поглощения черного тела $\alpha = 1$



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.

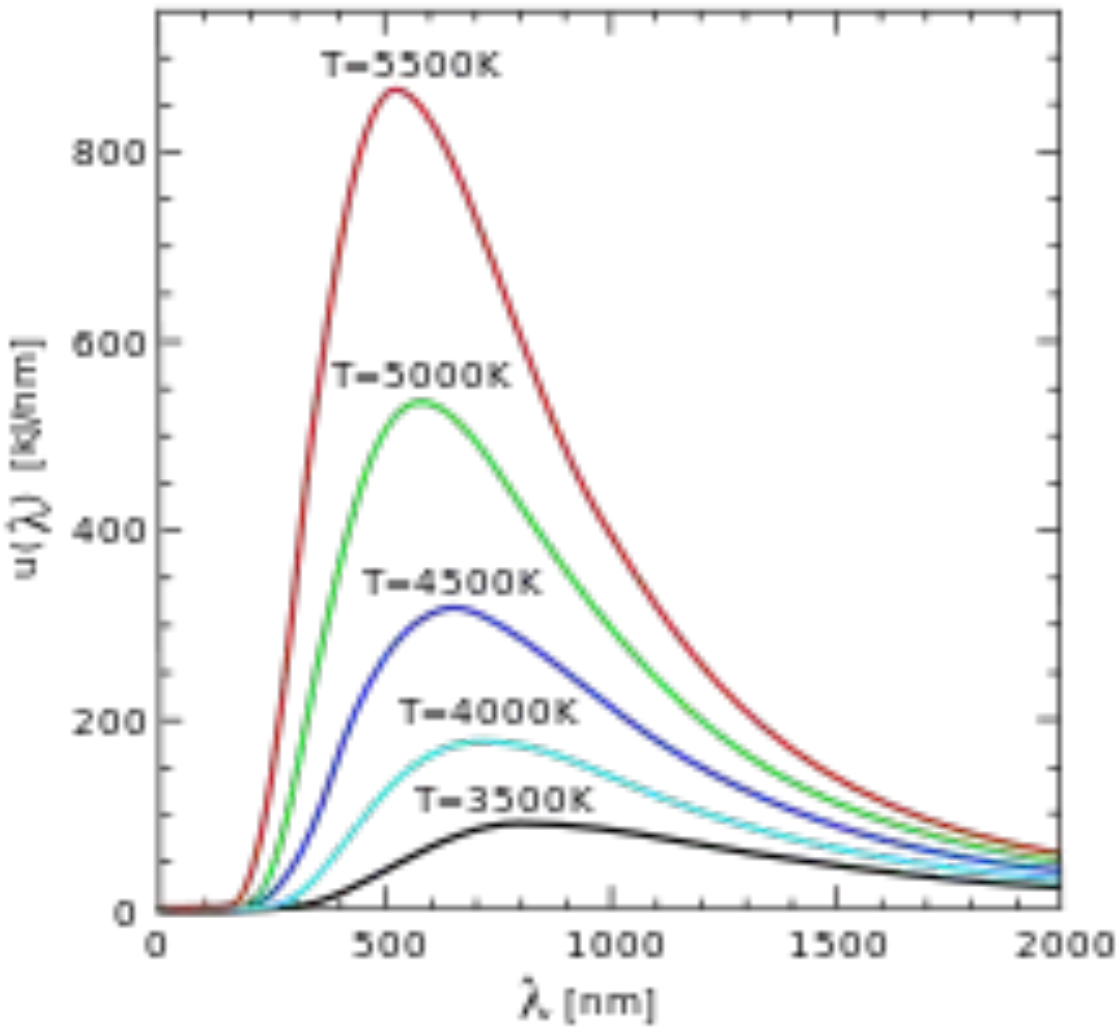
2. Из всех тел наибольшую спектральную плотность энергетической светимости имеет абсолютно черное тело.

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

,

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

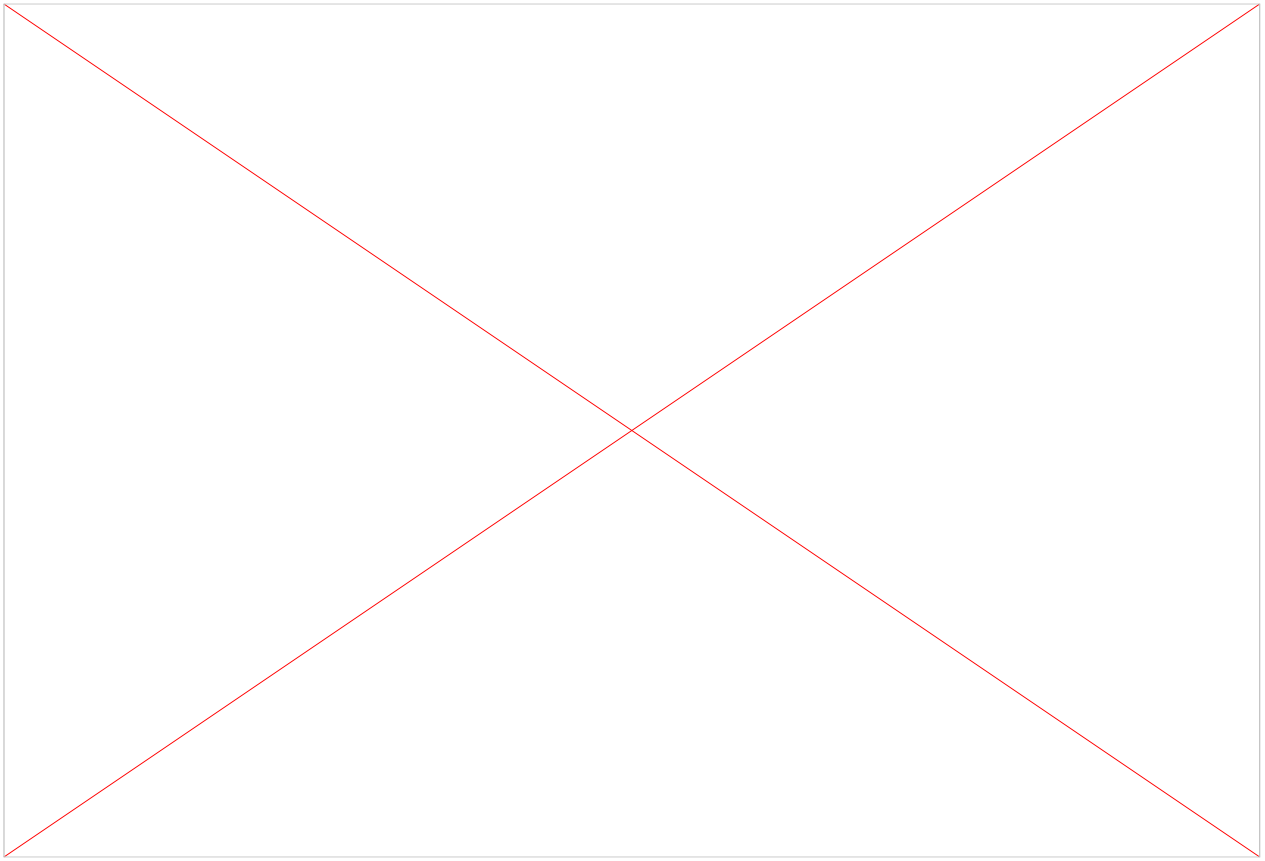
Закон смещения Вина (1893 г.):

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

,

постоянная Вина

Пирометрия (от греч. pyr - 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 *hv*:

,

- 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.

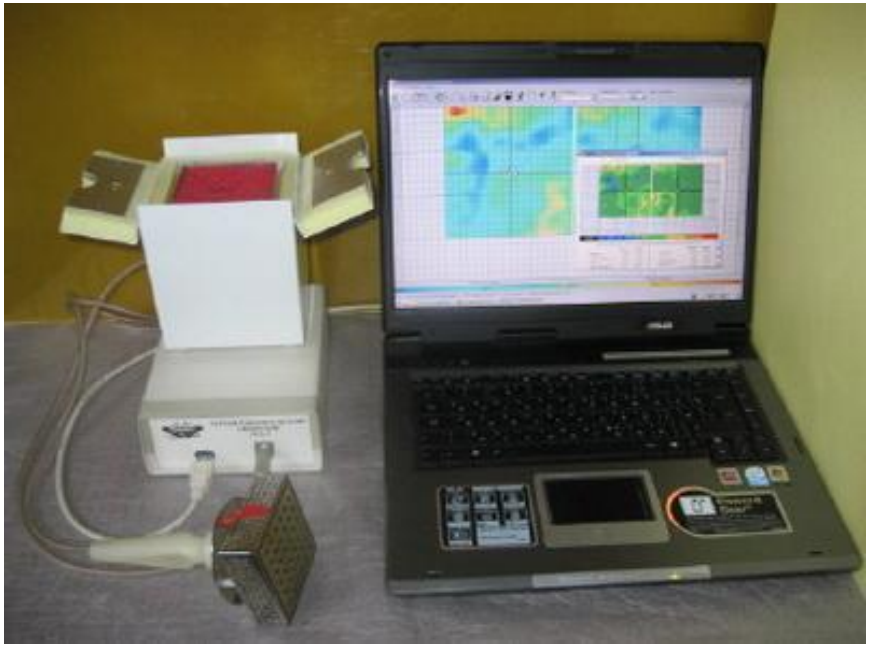
Основная часть собственного излучения тела человека относится к инфракрасному диапазону с длиной волны λ от 3 до 50мкм.

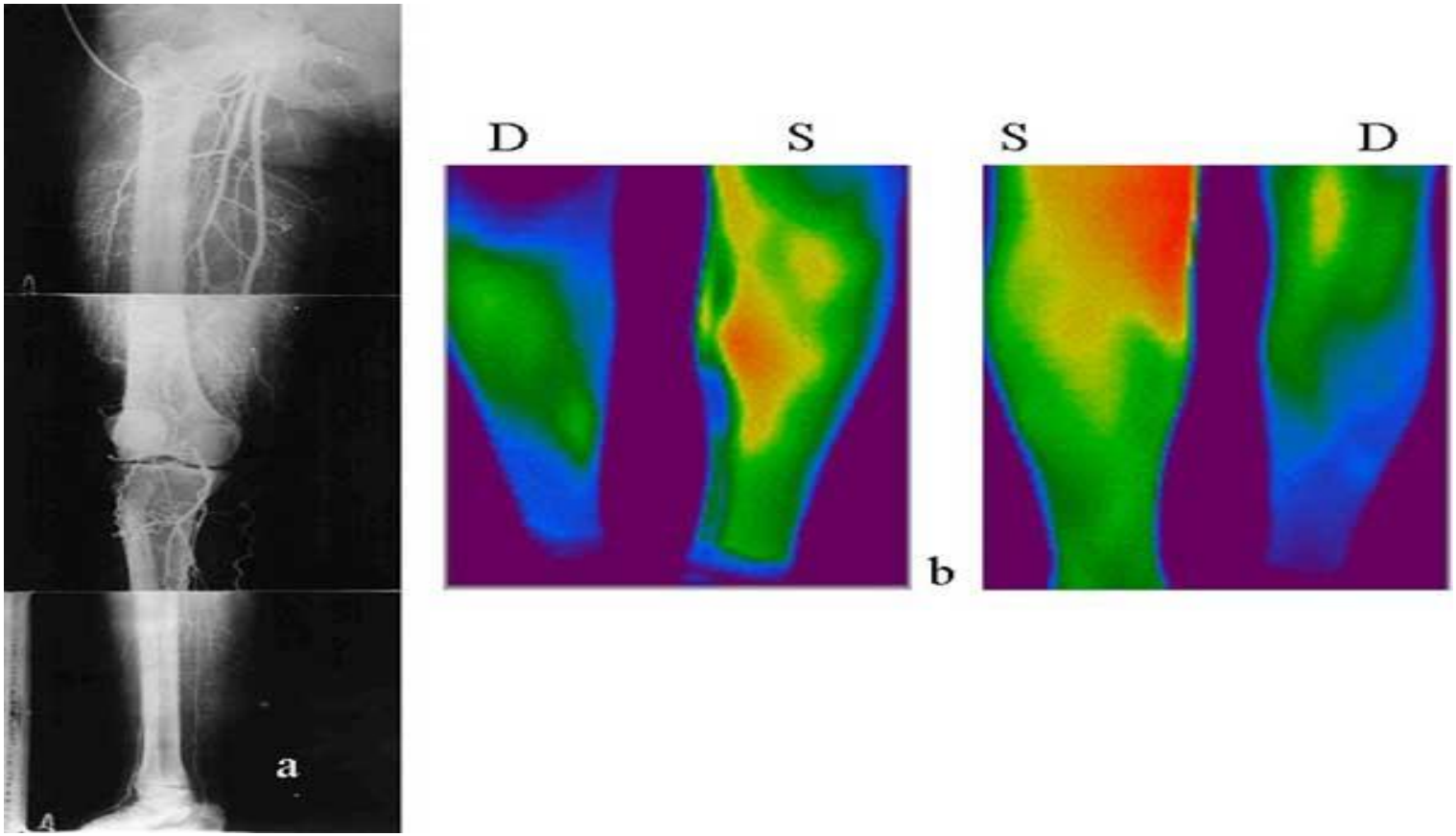
✔$T_1=27^0C=300$ К: $R_1 \approx 460$ Вт/м^2 $\lambda_1=9{,}6$ мкм

✔$T_2=37^0C=310$ К: $R_2 \approx 520$ Вт/м^2 $\lambda_1=9{,}3$ мкм

Контактная термография

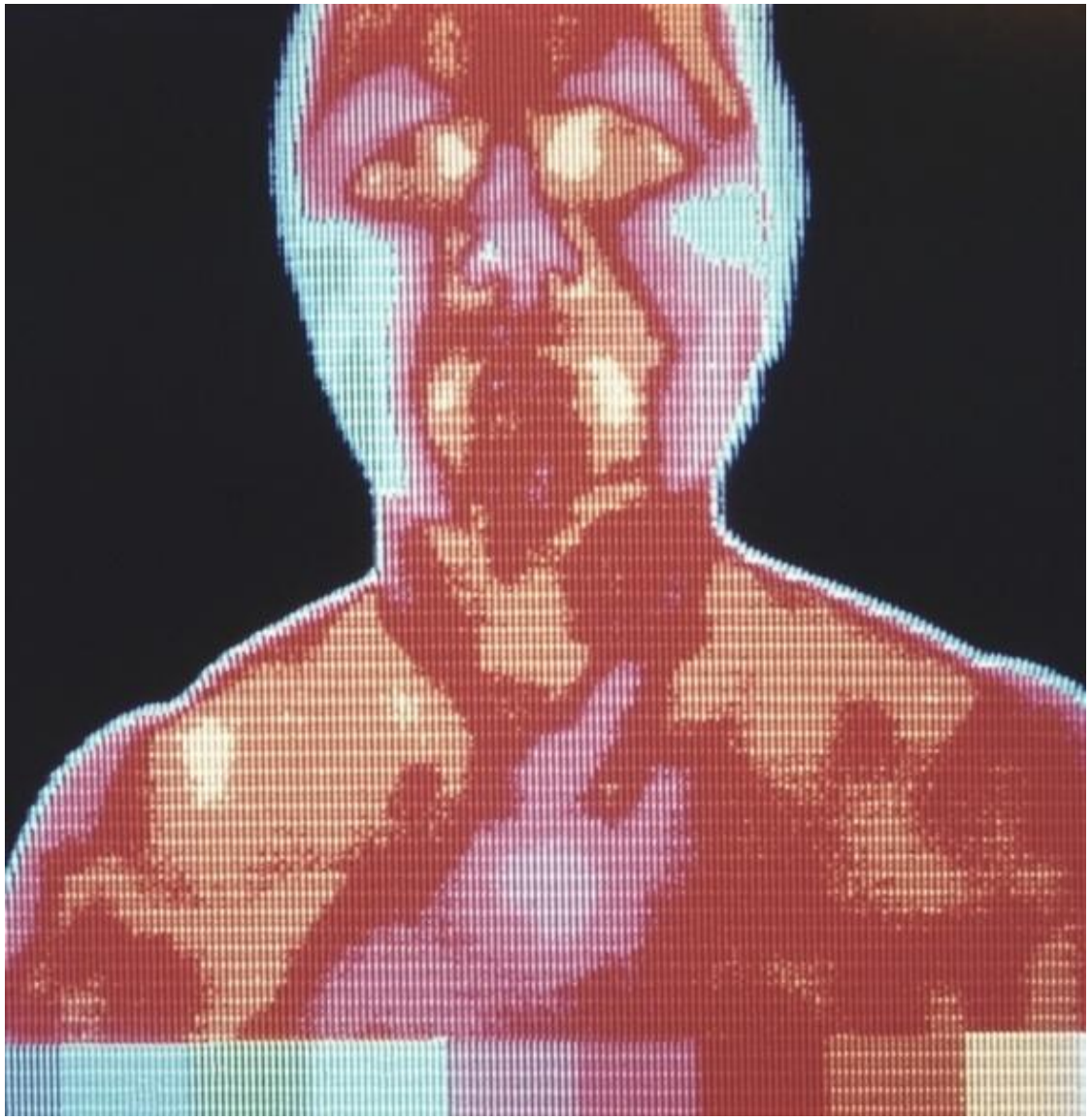
Портативные компьютерные термографы





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

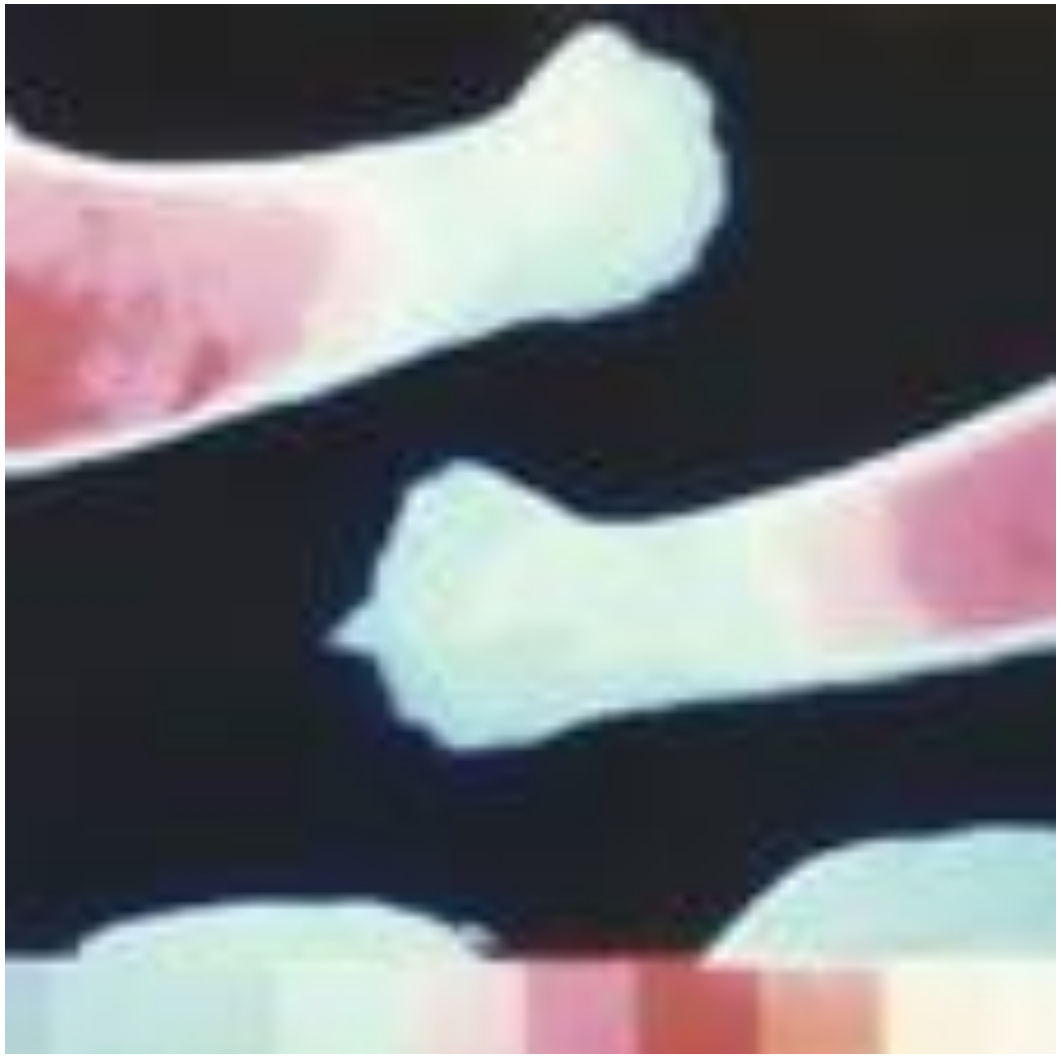
Термограмма лица, шеи и передней поверхности груди в норме



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

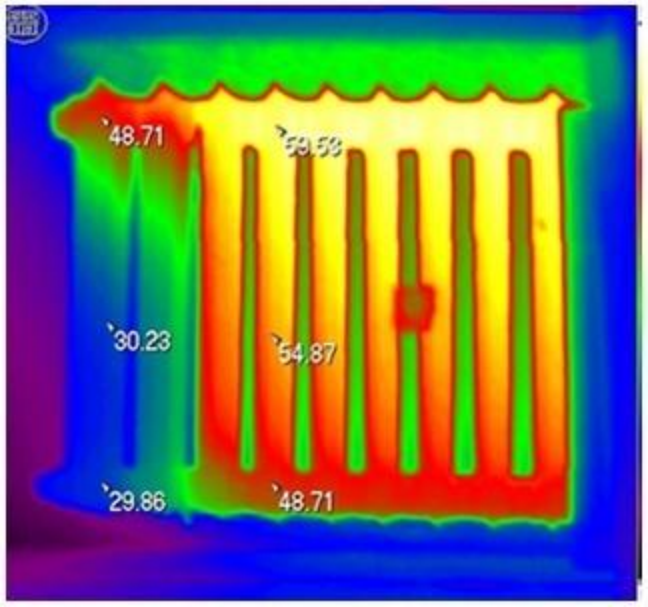
1. Определить, во сколько раз отличаются энергетические светимости участков поверхности тела человека, имеющих температуры 34 и 33° С соответственно?
2. Для уничтожения жучков-вредителей зерно подвергают действию инфракрасного облучения. Почему жучки погибают, а зерно нет?
3. Испускательная способность 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°С. Один из них никелированный, а другой темный. Какой из чайников быстрее остынет? Почему?
5. Нагревая кусок стали, мы при температуре 800°С 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